

зарегистрирован Министерством культуры и информации Республики Казахстан 04.04.2013 г.
Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания 13508-Ж.

Издается с января 2003 г.

Приказом №1082 от 10.07.2012 г. Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень научных изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности.

В журнале публикуются материалы, отражающие состояние и перспективы развития геологии, горного дела и металлургии не только в нашей стране, но и за рубежом. Журнал освещает проблемы охраны труда и техники безопасности, экономики, подготовки кадров и других вопросов, связанных с горно-металлургическим комплексом. В журнале представлены статьи прикладного характера, результаты фундаментальных исследований, служащие основой для новых технических разработок.

При перепечатке материалов ссылка на Горный журнал Казахстана обязательна. Ответственность за достоверность сведений в публикуемых статьях и рекламных материалах несут авторы и рекламодатели. Мнение редакции не всегда может совпадать с мнением авторов.

Адрес редакции:
050026, г. Алматы,
ул. Карасай батыра, 146, оф. 401.
Тел.: 8 (727) 375-44-96

minmag.kz

Представители журнала:

Центрально-Казахстанский регион –
ВЛАДИМИР ФЕДОРОВИЧ ДЕМИН
vladfdemin@mail.ru

Российская Федерация, Москва –
ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ
shvetsirina@yandex.ru

Российская Федерация, Сибирский регион –
ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК
shaposhnikyury@mail.ru

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

Подписной индекс **75807** в каталогах:
АО «Казпочта»,
ТОО «Эврика-Пресс»,
ТОО «Агентство «Евразия пресс»

Подписано в печать **25.12.2020 г.**

Отпечатано:
«Print House Gerona»
ул. Сатпаева 30А/3, офис 124
тел: + 7 727 250-47-40,
+ 7 727 398-94-59,
факс: + 7 727 250-47-39

УЧРЕДИТЕЛЬ И СОБСТВЕННИК
ТОО «Научно-производственное
предприятие «ИНТЕРРИН»



INTERRIN

Главный редактор

М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора

Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор

Ю.А. БОЧАРОВА, Yuliya.Bocharova@interrin.kz

Специалист по связям с общественностью

Т.С. ДОЛИНА, Tatyana.Dolina@interrin.kz

Помощник редактора

И.П. КОНОНОВА (ПАШИННИНА),
Irina.Pashinina@interrin.kz

Редакционная коллегия:

Fathi Nabashi (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c.

[St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima],

Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,

Professor of Mining Engineering

З.С. Абишева, д-р техн. наук, академик КазНАН

Ж.Д. Байгурин, д-р техн. наук, профессор

А.Б. Бегалинов, д-р техн. наук, профессор

А.М. Бейсебаев, д-р техн. наук, профессор

А.А. Бекботаева, PhD

А.А. Бектыбаев, канд. техн. наук

В.А. Белин (Россия), д-р техн. наук, профессор

В.И. Бондаренко (Украина), д-р техн. наук, профессор

Н.С. Буктуков, д-р техн. наук, профессор

А.Е. Воробьев (Россия), д-р техн. наук, профессор

С.Ж. Галиев, д-р техн. наук, профессор

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

Е.К. Едыгенов, д-р техн. наук, профессор

В.Г. Загайнов, канд. техн. наук

А.А. Зейнуллин, д-р техн. наук, профессор

Д.Р. Каплунов (Россия), д-р техн. наук, профессор

А.А. Лисенков, д-р техн. наук, профессор

В.Л. Лось, д-р геол.-минерал. наук, профессор

В.А. Луганов, д-р техн. наук, профессор

С.К. Молдабаев, д-р техн. наук, профессор

В.С. Музгина, д-р техн. наук

В.И. Нифадьев (Кыргызстан), д-р техн. наук, профессор

М.Б. Нурпеисова, д-р техн. наук, профессор

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

Е.А. Петров (Россия), д-р техн. наук, профессор

И.Н. Столповских, д-р техн. наук, профессор

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Р.Р. Ходжаев, д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

® – статья на правах рекламы

① – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

- 3** Колонка главного редактора
- 4** Маркшейдеры «Казцинк» применяют беспилотные летательные аппараты ®
- 5** Жидкостные пускатели MKS: работа на отлично ®
- 6** *Добровольский И.В.*
Наш заказчик должен получать выгоды от внедренных технологий ®

Минерально-сырьевые ресурсы

- 8** *Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Ндриамбануна Суамирай Алис, Щесняк Л.Е.*
Характеристики рудной минерально-сырьевой базы Мадагаскара

Геотехнология

- 14** *Гусманова А.Г., Бекбаева Р.А., Койшицева А.А., Койшиев А.А.*
Қоңқабатты мұнай кен орындарынан бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы арқылы мұнай өндіруді арттыру

Геология

- 21** *Рыжков С.О., Портнов В.С.*
Георадарное исследование хвостохранилища Жезказганской обогатительной фабрики №3 как метод мониторинга состояния гидротехнических сооружений

Взрывное дело

- 28** *Норов Ю.Д., Мислибаев И.Т., Норов А.Ю.*
Исследования высоты и ширины развала пород взрывами скважинных зарядов на неубранную горную массу в различных породах методом физического моделирования

Переработка полезных ископаемых

- 35** *Телков Ш.А., Садвакасов Д.А.*
Исследование влияния гранулометрического состава, pH растворов и примесей на процесс кристаллизации и осаждения желтого кека из урансодержащих растворов

Обогащение полезных ископаемых

- 44** *Доняров Н.А., Азимов О.А., Намазов С.З., Бойхонова М.Ю.*
Изменение основных свойств ангреноского бурого угля при пиролизной обработке

- 50** Статьи, опубликованные в 2020 году

- 54** Требования к оформлению статей

КОЛОНКА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА



**Марат Жакупович
Битимбаев**
главный редактор

Дорогие читатели!

Уважаемые коллеги!

Прожит тяжелый год, каким оказался 2020-й. Но недра Земли как во всем мире, так и в нашей стране продолжали отдавать свои лучшие и полезные ресурсы на пользу человечеству, и в этом безостановочном процессе, кроме обычных потребностей, наше геолого-горняцкое и обогачительно-металлургическое братство творило незаметно для себя добро, направленное на выздоровление людей от внезапной и страшной напасти.

Я имею в виду, что прибыль, получаемая предприятиями горно-металлургического комплекса, оказала существенную поддержку в организации всеохватной медицинской помощи больным, материальной поддержки героическому труду медицинского персонала, в создании новых медицинских препаратов и оборудования, начиная с масок, перчаток, аппаратов ИВЛ и заканчивая вакциной по превентивной защите от заболевания.

Об этой гуманной стороне деятельности горняков, обогащателей и металлургов можно говорить с гордостью и благодарностью, поскольку, несмотря на меры строжайшего карантина и опасность распространения инфекции, соблюдая все требования, предприятия комплекса работали четко, в плановом режиме и эффективно, что, естественно, своевременно и объемно сказалось на улучшении финансовых возможностей государства в схватке с невидимым врагом.

В дни бесконечного карантина, продолжающегося и сейчас, мы все нашли и отдушину, которая принесла, я думаю, долгосрочную пользу. Мы научились не суетиться, оценивать жизнь, окружающую обстановку и взаимоотношения с людьми по настоящей стоимости их значения для нас. Семейные радости, отношения с детьми, заботы о доме и о земле оказались долгожданными и принесли успокоение в наши души, оздоровили наше физическое состояние, показав, что наша привычная беготня – это действительно «суета сует».

Уйдет в небытие коронавирус (он не исчезнет теперь, но превратится в одну из болезней, данных человеку природой, от которой надо предостерегаться и уметь лечиться), но возврата к прошлой жизни, наверняка, уже не будет в привычном формате. Мы можем обходиться без пышных застолий, без массовых мероприятий, научились общаться при необходимости «онлайн». Только надо восстановить в прежнем объеме обучение и отдых детей и студентов. В управлении же производством и государственными услугами надо, наоборот, улучшить дистанционные отношения, что поможет высвободить тысячи людей для производительного труда, тысячи квадратных метров площадей от офисов, сэкономить для других, более полезных целей товары, оборудование, командировочные затраты и т. д.

Жизнь продолжается, наш благородный труд по обеспечению экономики необходимой товарной продукцией нужен еще больше, поэтому наш тост – за горно-металлургическую отрасль и ее опору и творцов – людей всех специальностей, всех рангов!

Здоровья и благополучия, успехов в труде, каждому из нас – долгих счастливых дней жизни!

С Новым Годом!



МАРКШЕЙДЕРЫ «КАЗЦИНКА» ПРИМЕНЯЮТ БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Новейшее оснащение применяется в аэрофотосъемке территорий для получения цифровой модели местности и объектов. Беспилотники позволяют в несколько раз сократить время на выполнение топографической съемки местности и при этом собирать максимум информации по объекту. Кроме того, применение беспилотных летательных аппаратов дает возможность повысить уровень безопасности выполнения геодезических и маркшейдерских работ за счет дистанционного сбора данных на недоступных и труднодоступных объектах (карьеры, воронки обрушения, отвалы, хвостохранилища).

Дроны за последние десять лет приобрели невиданную популярность. Массовое применение отмечено не только в оборонной промышленности, но и во многих отраслях гражданской жизни – строительстве, геодезии, геологии, археологии, землеустройстве, сельском хозяйстве и т. д.

На службу в маркшейдерский отдел Риддерского горно-обогатительного комбината (РГОК) первый беспилотный аэрофотосъемочный комплекс для горнодобывающей промышленности поступил в ноябре 2018 года. Полный комплект оборудования включал летательный аппарат (Phantom 4 ProV2.0), полевой планшет (контроллер), четыре запасных аккумулятора, три комплекта пропеллеров, полевой рюкзак и кейс для транспортировки оборудования, а также фотограмметрическое программное обеспечение ContexCaptureBentley, предназначенное для обработки материалов аэрофотосъемки и создания цифровых моделей рельефа местности, облаков точек.

В январе 2019 года специалисты маркшейдерского отдела прошли обучение, а уже в апреле произвели первую аэрофотосъемку на поверхности Риддер-Сокольского месторождения.

На сегодняшний день на РГОК с помощью беспилотника выполнено несколько аэрофотосъемок и получены цифровые модели Тишинского, Андреевского и Крюковского карьеров, Таловского хвостохранилища, Быструшинского водохранилища, хвостохранилища песков старого поля.

– Достаточно высокая точность и максимально возможный объем информации по объекту, плюс высокая производительность за счет ускорения съемки и обработки данных, – отмечает начальник маркшейдерского отдела РГОК **Игорь Ермошенко**. – Огромное преимущество квадрокоптера мы видим на съемках больших и труднодоступных объектов. Дроны незаменимы на открытых территориях со сложным рельефом местности, где преобладают овраги, возвышенности, впадины, котловины. Результаты аэрофотосъемки не сравнить с информацией, полученной с помощью электронных тахеометров и GPS-оборудования. При аэрофотосъемке получаем очень высокую плотность облака точек, иногда она достигает одной точки на пять квадратных сантиметров! Если площадь объекта составляет 30-40 гектаров,

представьте, сколько времени потребовалось бы на то, чтобы снять эту территорию стандартным методом! А сколько людей пришлось бы задействовать в такой работе?! А коптер летает полтора-два часа – и дело сделано! При производстве аэрофотосъемки задействованы всего два специалиста: руководитель полетов и оператор. На сегодняшний день у нас используется три квадрокоптера.



Материалы предоставлены Управлением по связям с общественностью ТОО «Казцинк»

ЖИДКОСТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ MKS: РАБОТА НА ОТЛИЧНО

Более 70 лет жидкостные пускатели марки MKS обеспечивают работу приводных систем в разных странах мира. Продукция бренда востребована в различных отраслях промышленности, в том числе в переработке минералов и производстве цемента.

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ

В компании постоянно ведется работа по совершенствованию выпускаемой продукции. Внедряются инновационные разработки, которые позволяют производить оборудование высокого качества.

Клиенты получают полный комплекс сервисного обслуживания жидкостных пускателей и приводных систем. Нацеленность на удовлетворение потребностей клиентов и стремление выпускать исключительно качественную продукцию позволяют достигать отличных результатов.

Благодаря многочисленным Know-how и большому опыту специалистов в производстве приводных систем предприятие всегда находит оптимальное решение даже в самых сложных случаях.

КОМПЛЕКСНЫЕ ПОСТАВКИ

Заказчик получает возможность приобрести все необходимое для функционирования приводной системы. В ассортименте представлены жидкостные пускатели, распределительные установки, резисторы скольжения. Все компоненты объединяются в единой приводной системе, способной функционировать с высокой эффективностью.

С каждым заказчиком работает специально закрепленный за ним специалист, он готовит предложение, соответствующее пожеланиям клиента, составляет план его реализации, контролирует процесс изготовления и поставки оборудования, а также отслеживает выполнение работ по монтажу. Такое комплексное сопровождение создает комфортные условия сотрудничества и гарантирует высокое качество результата.



**40 ЛЕТ
И ДОЛЬШЕ СОСТАВЛЯЕТ СРОК СЛУЖБЫ ЖИДКОСТНЫХ
ПУСКАТЕЛЕЙ MKS**



Königskamp 16,
52428 Jülich, Germany
тел. +49 2461 93-58-0
mks@mks-anlasser.de
www.mks-anlasser.de

НАШ ЗАКАЗЧИК ДОЛЖЕН ПОЛУЧАТЬ ВЫГОДЫ ОТ ВНЕДРЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Уважаемые читатели, мы продолжаем изучать тему эффективных природоохранных технологий в горнодобывающей отрасли. В прошлом номере журнала мы начали обсуждать технологии водоочистки с конкретных поэтапных действий по их внедрению: экспертизы, инжиниринга и проектирования. Сегодня поговорим с директором компании «Эргономика» Игорем Владимировичем Добровольским о следующих этапах внедрения комплексов водоочистки: оборудовании, поставщиках, гарантиях и сервисе.

– Игорь Владимирович, по какому принципу Вы подбираете оборудование по очистке воды для конкретного горнодобывающего предприятия?

– Для заказчиков мы интересны тем, что предлагаем лучшее сочетание решений, которые будут заложены уже на этапе проектирования, и они будут оптимальны по соотношению «цена – качество» и по стоимости владения. А правильное решение – это правильно собранная информация и грамотная постановка задач. Это как у врачей: точный диагноз – правильное лечение. Специфика у предприятий разная. Она зависит от применяемых технологий и используемого оборудования. Кроме того, в процессе производства могут применяться различные реагенты, в том числе – токсичные. А это уже особый подход и особые методы очистки. Именно поэтому комплекс методов очистки воды и подбор оборудования каждого предприятия индивидуальны.

– То есть специфика предприятия – это для Вас важнейший фактор в работе?

– Верно. Потому что неправильно поставленная задача приведет к некорректному техническому решению. За этим последует удорожание технологий, либо отсутствие результата. Цена ошибки может стоить сотен миллионов тенге даже на этапе строительства. И наоборот, правильно поставленная в процессе проектирования задача приведет к лучшему результату. Поэтому очень важно, чтобы при выборе технических решений участвовали компетентные компании, понимающие, как это работает.

– Игорь Владимирович, производственные возможности у всех горнорудных предприятий различны: на одних по-прежнему используются старое оборудование и технологии, на других применяются новые и современные. Ваши технические предложения приемлемы для любой производственной базы?

– Конечно. Наши комплексы водоочистки внедряются именно с учетом всех специфических особенностей каждого предприятия. Кстати, бывает, что новые производственные процессы более токсичны и опасны. К примеру, раньше не извлекали некоторые полезные ископаемые, а теперь технологии позволяют их добычу. Сейчас разрабатываются месторождения, бедные по содержанию в них полезных ископаемых. Как правило,

такая добыча более агрессивна, с большим количеством отходов и с большим объемом используемой воды.

Алгоритм для любого предприятия прост: есть конкретное производство и оборудование, есть технологии и есть вода. Надо знать, какая она, в каком количестве и для чего она нужна, какие требования к воде предъявляются. При понимании этих требований выстраивается целая технологическая цепочка, подбирается оборудование и оптимизируются затраты с учетом стоимости жизненного цикла или цены владения.

– Итак, мы с вами обсудили пошаговый путь от экспертизы до проекта. Возникает вопрос с оборудованием по водоочистке. «Эргономика» занимается поставкой этого оборудования, или оно согласно вашему проекту должно приобретаться самим предприятием-заказчиком?

– Я еще раз подчеркну: оборудование по водоочистке комплектуется, поставляется, монтируется и осуществляет его запуск «Эргономика». Мы всегда предлагаем своим партнерам решение всех вопросов «под ключ».

– Игорь Владимирович, какое оборудование по водоочистке применяет «Эргономика» и кто является вашими поставщиками?

– Это очень важный вопрос, напрямую влияющий на работоспособность системы. Здесь необходимо отметить, что, с одной стороны, это комплексы оборудования производства «Эргономики», то есть это отечественное производство, подтвержденное сертификатом происхождения СТ КЗ. Но, с другой стороны, многие комплектующие для этих систем – дозирующие насосы, мембраны, контролеры и другое оборудование – производятся в Европе, России, Кореи, Японии, США. Это изделия ведущих зарубежных производителей. По настоящему серьезных, зарекомендовавших себя изготовителей технологически сложных узлов на мировом рынке не так уж и много. При этом мы предлагаем заказчику решения, основываясь на нашем опыте работы.

Мы долгие годы тщательно отбирали поставщиков, по крупницам. За 25 лет совместной работы у нас сложились с ними надежные и проверенные отношения.

– Какие гарантии на поставленное оборудование дает «Эргономика»?

– Мы даем гарантию на все оборудование: на комплекс в целом и на все комплектующие. Это защищает

наших партнеров-заказчиков от многих проблем. То есть, мы поставляем оборудование с использованием тех узлов, на которые нам дают гарантии производители. От них мы получаем право делать пусконаладку, сервисное обслуживание и ремонт. Мы тщательно отбирали именно таких поставщиков, которые официально давали нам право на сервисные услуги с сохранением заводской гарантии. Это очень важно! Иначе можно купить самое лучшее на свете оборудование, не обеспеченное даже правом кнопку запуска нажать.

Предлагаемое нами оборудование выбирается, исходя не только из его стоимости, но и стоимости его эксплуатации, его надежности, минимизации количества ремонтов. Хочу подчеркнуть: мы не используем самое дешевое, чтобы добиться сиюминутного результата и завтра забыть о заказчике. Мы хотим, чтобы наш заказчик долгие годы мог это оборудование эксплуатировать и получать выгоду от внедренных технологий, а не проблемы. Чтобы наше партнерство было долгосрочным. Поэтому мы предоставляем гарантию на то, что предложенные нами технологии обеспечат нужное качество воды и обеспечиваем сервис своей отлаженной службой. Это длительная гарантия. Мы на практике готовы доказать, что наше оборудование лучше, выгоднее и надежнее в эксплуатации и дает результат более высокого качества.

Но если у заказчика уже сложились отношения с другими производителями и он, например, просит обеспечить верхний уровень автоматизации и диспетчеризации на базе контроллеров, с которым он привык работать, чтобы не было конфликта между системами, мы идем навстречу таким пожеланиям. Но! Мы обязательно проведем сравнительный анализ вариантов – заказчика и нашего – для корректного и конкурентного выбора.

– Игорь Владимирович, после установки и запуска вашего оборудования, Вы берете на себя сервисное обслуживание и ремонтные работы? Для Ваших партнеров обязателен сервисный договор?

– Я бы сказал: не обязателен, а желателен, потому что гарантированный сервис для предприятия выгоден и удобен. Каждый должен заниматься своим делом. Формы сервисного обслуживания, которые мы можем предложить, различны. Это могут быть сервисные выезды по заявке: то есть, что-то сломалось уже после гарантии – мы приехали и починили. Другая форма – взять предприятие на сервисное обслуживание с удаленным диспетчерским сопровождением. Это когда наше оборудование оснащено системой сбора и передачи данных. В этом случае мы следим за состоянием и изменениями параметров работоспособности

комплекса. Допустим, где-то стали перегреваться подшипники, или стали «умирать» мембраны, или стало снижаться качество воды. В подобной ситуации мы увидим это раньше, чем наш заказчик, и своевременно уведомим его о необходимости проведения конкретных работ или выполним их самостоятельно.

Один из наших партнеров недавно заключил с нами договор на три года на постоянный полный сервис, включая все расходные материалы и реагенты. Мы сейчас делаем по его заказу удаленную диспетчерскую и будем выезжать на его объект уже по плану выполнения сервисных работ.

Мы можем предложить и полную форму сервисного обслуживания: своему обученному персоналу поручить эксплуатацию нашей установки, то есть снять с заказчика всю головную боль по решению непрофильных для него задач. Зачем специалисту по добыче вдаваться в подробности: как работает система водоочистки, какие нужны реагенты, как изменить их дозировку... Это сложный процесс. А неправильная дозировка реагентов преждевременно губит оборудование и приводит к лишним расходам как на ремонт, так и на закуп реагентов. Конечно, заказчику не нужны реагенты, ему нужен гарантированный объем воды нужного качества. То есть, по согласованному с заказчиком тарифам мы оказываем ему весь комплекс услуг по эксплуатации системы очистки воды.

Хочу особо отметить: сервисное обслуживание – крайне важный момент для заказчика! Особенно, если сервис зарубежный. Выезд сервисного специалиста из-за рубежа может обойтись в тысячи, а то и в десятки тысяч долларов (я не преувеличиваю). А если ты сам начнешь обслуживать оборудование, не имея на это юридически оформленного права, то поставщик снимет гарантию. Вот как высока цена неправильного выбора поставщика.

– Игорь Владимирович, спасибо за подробные рекомендации по внедрению технологий водоочистки. Редакция журнала рассчитывает на то, что они будут полезны руководителям и главным специалистам горнодобывающих предприятий. Но, как я понимаю, тема раскрыта еще не до конца. О чем Вы расскажете в следующей статье?

– Спасибо и Вам. Мы тоже рассчитываем на то, что опыт «Эргономики» будет полезен работникам горно-обогатительного комплекса. В следующем номере журнала я расскажу о том, с какими трудностями при внедрении наших комплексов мы сталкивались на практике, как их преодолевали и о различных вариантах финансирования наших проектов.

Республика Казахстан, 100019, г. Караганда,
ул. Кривогуза, 57/2, тел: 8(7212) 91-01-01
info@ergonomika.kz
www.ergonomika.kz

*Интервью подготовил Владимир Вишняков
Окончание читайте в следующем номере*

Код МРНТИ 52.01.76

А.Е. Воробьев¹, К.А. Воробьев¹, Ндриамбануна Суамирай Алис², Л.Е. Щесняк¹¹Российский университет дружбы народов (г. Москва, Россия),²Université de Mahajanga (г. Махадзанга, Мадагаскар)

ХАРАКТЕРИСТИКИ РУДНОЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МАДАГАСКАРА

Аннотация. В статье показаны основные особенности минерально-сырьевой базы Мадагаскара с детализацией ее угольной, железорудной, цветной, урановой, редкометалльной и золоторудной составляющих. В золоторудной минеральной базе Мадагаскара особый интерес представляют прибрежные россыпи. Приведены геохимические и физико-механические процессы, обусловившие их формирование. Рассмотрены местные кустарные промыслы и работа иностранных геологоразведочных и горнодобывающих компаний. Предложен новый подход к разработке прибрежных золотосодержащих россыпей. Геохимические исследования россыпного золота в морской воде дали возможность разработать технологию техногенного обогащения золота в прибрежной зоне акваторий, которая позволит снизить загрязнение морских вод и повысить эффективность использования минерально-сырьевой базы Мадагаскара.

Ключевые слова: Мадагаскар, минерально-сырьевая база, золотосодержащие россыпи, континентальные и прибрежные, освоение, поисковые и оценочные работы, геологическая документация, информационно-эмпирическая база, кустарная добыча, загрязнение морских вод.

Мадагаскар кен минералды-шикізат базасының сипаттамасы

Андатпа. Мақалада Мадагаскардың көмір, темір кені, түсті, уран, сирек металл және алтын кені компоненттерінің егжей-тегжейлі сипатталған минералды-шикізат базасының негізгі ерекшеліктері көрсетілген. Мадагаскардың алтын кені минералды базасында жағалаудағы шөгінділер ерекше қызығушылық тудырады. Олардың қалыптасуына себепші болған геохимиялық және физика-механикалық процестер келтірілген. Жергілікті қолөнер және шетелдік геологиялық барлау және тау-кен компанияларының жұмысы қарастырылды. Жағалаудағы алтыны бар шөгінділерді дамытудың жана тәсілі ұсынылды. Теңіз суында зерттелген геохимиялық шашыранды алтын теңіз суларының ластануын азайтуға, сондай-ақ Мадагаскардың минералдық-шикізат базасын пайдалану тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін акваторияның жағалау аймағында Алтынды техногендік байыту технологиясын әзірлеуге мүмкіндік берді.

Түйінді сөздер: Мадагаскар, минералдық-шикізат базасы, құрамында алтыны бар шөгінділер, континенттік және жағалаулық, игеру, іздестіру және бағалау жұмыстары, геологиялық құжаттама, ақпараттық-эмпирикалық база, қолдан өндіру, теңіз суларының ластануы.

Ore characteristic mineral resources of Madagascar

Abstract. The article shows the main features of the mineral resource base of Madagascar with details of its coal, iron ore, non-ferrous, uranium, rare metal and gold components. In the gold and mineral base of Madagascar, coastal placers are of particular interest. The geochemical and physical-mechanical processes that caused their formation are given. Local Handicrafts and the work of foreign exploration and mining companies are considered. A new approach to the development of coastal gold-bearing placers is proposed. Geochemical studies of placer gold in seawater made it possible to develop a technology for technogenic gold enrichment in the coastal zone of water areas, which will reduce marine water pollution and increase the efficiency of using the mineral resource base of Madagascar.

Key words: Madagascar, mineral resource base, gold-bearing placers, continental and coastal, development, exploration and evaluation, geological documentation, information and empirical base, artisanal mining, marine water pollution.

Введение

Мадагаскар – государство в юго-западной части Индийского океана, четвертый по площади остров мира (рис. 1), расположенный примерно в 400 км от Африки через пролив Мозамбик.

В настоящее время Мадагаскар представляет собой развивающуюся страну (площадь – 587 тыс. км², население – 24,2 млн чел., президентская республика, столица – г. Антананарива) с довольно значительным потенциалом разнообразных минеральных ресурсов¹.

Материалы и методы

При подготовке статьи использовались основные принципы и методы исследования имеющейся геологической документации, полученной при проведении геолого-съёмочных, поисковых и оценочных работ, методы их системного и структурного анализа, а также существующая информационно-эмпирическая база по геологии и горной промышленности Мадагаскара.

Результаты и обсуждение

Минерально-сырьевая база Мадагаскара представляет определенный промышленный интерес, что привело к появлению и работе на Мадагаскаре нескольких международных горных компаний (рис. 2). Одна из них – Zamarat Mining – европейская геологоразведочная компания, занимающаяся разработкой и добычей благородных металлов и драгоценных камней

на Мадагаскаре. Компания изучила и оценила возможный потенциал добычи золота, алмазов, сапфиров и других минеральных ресурсов, имеющих в недрах южной части страны. В настоящее время Zamarat получает ряд официальных разрешений на разведку золота на юго-западе Мадагаскара и приступает к геологоразведочным работам в этих районах.

Malagasy Minerals Limited (MML) – австралийская компания, которая занимается разведкой полезных ископаемых и оценкой горных проектов. Ее производственные мощности расположены на юге центральной части Мадагаскара, где находятся три основных ее проекта: Ampanihy, Vohibory и Fotadrevo. Эту компанию, в первую очередь, интересуют добыча меди, металлов платиновой группы, никеля, серебра и ванадия, однако проект Vohibory базируется на добыче золота.

По существующим прогнозным геологоразведочным оценкам запасы каменного угля на Мадагаскаре составляют 6 млрд т (подтверждено 175 млн т): территориально они находятся в бассейне Саку. Наиболее крупные месторождения угля – Вухибури, Вухипутси, Ималуту, Ианапера и Сакамена. Однако большинство угольных пластов обладает довольно незначительной мощностью, обычно составляющей 0,8-1,6 м. Так, на месторождении Саку² известны три промышленных горизонта мощностью 3,5-10 м, состоящие из 2-4 угольных

¹Ископаемые ресурсы Мадагаскара. // <http://referatwork.ru> [электронный ресурс]

²Горная энциклопедия в пяти томах. / Глав. ред. Козловский Е.А. – М.: Советская энциклопедия, 1987. – Том 3. Кенган-Орт. – 592 с.

Минерально-сырьевые ресурсы

пластов мощностью от 0,8 до 1,6 м. Угли длиннопламенные и коксующиеся, содержание влаги – 1,7-3,4%, серы – 0,07-1,45%, летучих веществ – 11,3-23,6%, зольность – 8,7-30,2%, теплота сгорания – 21,8-27,9 МДж/кг.

Основные запасы бурого угля на Мадагаскаре относятся к плиоценовому бассейну Анцирабе и ассоциируют с битуминозными сланцами². При этом зольность бурого угля составляет 25-30%, а теплота сгорания 924-9660 кДж/кг. Месторождения бурых углей (Антананариву, Антанифуци, Мангуру), как правило, многопластовые, с мощностью пластов 0,4-2 м.

Железные руды Мадагаскара по предварительному геологоразведочному прогнозу³ оцениваются в 1 млрд т (табл. 1). Весьма значительным является железорудное месторождение Суалала, разведанные запасы которого составляют 800 млн т с содержанием железа 60%.

По подтвержденным минерально-сырьевым запасам никеля Мадагаскар занимает 3-е место среди африканских стран (после ЮАР и Ботсваны). Здесь никеленосные глины обычно обладают мощностью 20-40 м, а их разведанные минерально-сырьевые запасы в секторе Амбатуви составляют свыше 1,5 млн т.

Кроме того, на территории Мадагаскара известно свыше 800 рудопроявлений хрома, причем, в отношении залегания этих руд наиболее перспективными являются центральная и восточная части острова.

Титановые руды и их основные запасы связаны с россыпями ильменита восточного побережья Мадагаскара. В их пределах, попутно с ильменитом, также встречаются гранат, монацит, рутил, цирконий и другие тяжелые полезные ископаемые.

В районе Амбинанимуруна-Масумелука сосредоточено свыше 3 млн т титановой руды, в Анилавинами – более 1,2 млн т, в Ампагале ее запасы превышают 0,5 млн т. В районе местности Мандена расположено сразу 3 месторождения довольно высокосортных титановых руд.

Минеральным сырьем для производства алюминия на Мадагаскаре являются бокситы, запасы которых оцениваются в 350 млн т. Необходимо отметить, что в центральной части острова находятся небольшие (с общими запасами до 1 млн т) месторождения бокситов.

Здесь же, в карбонатных породах были обнаружены медные руды с разведанными запасами 17 тыс. т, состоящие из минералов борнита, валериита, галенита, кубанита, сфалерита и халькопирита. Довольно мелкие (с общими запасами порядка 6 тыс. т) месторождения меди разведаны в районе Вухибури на юге страны. Рудопроявления меди на Мадагаскаре также известны в массивах Амбатуфитатра и Ициндру.

Свинцовые руды месторождения Бесакай оцениваются в 4 тыс. т металла.

Среди месторождений урановых руд Мадагаскара выделяют месторождения ураноторианита в породах системы Андруй групп Форт-Дофин (Тауланару), Ампадрандава и Транумару². В рудном районе Транумару уран был разведан в месторождениях Белафа, Бесакуа, Бетанимена, Бетрука, Икатефу, Кутивелу,

Мурафену, Сахахара, Эсатра. При этом начальные запасы ураноторианита составляют не менее 150 тыс. т. Менее значительный источник урана – урановые танталониобаты (ампангабеит, бетафит, самарскит,



Рис. 1. Государство-остров Мадагаскар. Сурет 1. Мемлекет-Мадагаскар аралы. Figure 1. The state of the island of Madagascar.

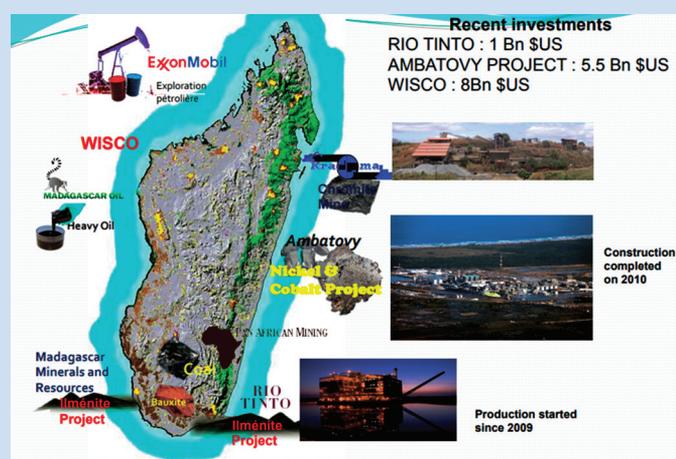


Рис. 2. Международные горные компании Мадагаскара. Сурет 2. Мадагаскардың халықаралық тау-кен компаниялары. Figure 2. International mining company in Madagascar.

³Полезные ископаемые Мадагаскара. // <https://nado.znate.ru> [электронный ресурс]

Таблица 1

Основные полезные ископаемые Мадагаскара по состоянию на 1998-1999 гг.

Кесте 1

Мадагаскардың негізгі минералдары 1998-1999 жж.

Table 1

Main minerals of Madagascar as of 1998-1999

Полезные ископаемые	Запасы		Содержание полезного компонента в рудах, %	Доля в мире, %
	Подтвержденные	Общие		
Бокситы, млн т	100	344	43(Al_2O_3)	0,4
Барит, тыс. т	1000	1000	96 ($BaSO_4$)	0,3
Бериллий, тыс. т	5	16,7	0,1 (BeO)	2,2
Железные руды, млн т	1025	1350	55 (Fe)	0,6
Золото, т		20	0,8-2,5 г/т	
Кобальт, тыс. т	30	150	0,2 (Co)	0,5
Медь, тыс. т	15	20	1,9 (Cu)	
Никель, тыс. т	645	1865	1,24 (Ni)	1,3
Природный горючий газ, млрд м ³	2			
Уголь, млн т	175	375		
Хромовые руды, млн т	9,1		32 (Cr_2O_3)	0,2
Уран, тыс. т		10,1	0,25	

самирезит, эвксенит) редкоземельных гранитных пегматитов месторождений Ампангабе, Бетафу и Самирези в районе Анцирабе-Мандуту-Фарациху. С плиоценовыми озерными глинами района Анцирабе связаны месторождения отенита и ураноциртрита. Кроме того, известны месторождения ванадатов урана (карнотит и франсвиллит) в юрских осадках района Фулакара (Анкисатра). Разведано месторождение уранинита, монацита, отенита и циркона в щелочных докембрийских гранитах Бетрука с запасами 1,2 млн т руды с 0,106% U_3O_8 .

Недра Мадагаскара располагают рудами редких металлов – бериллия, висмута, лития, ниобия, скандия и тантала. Потенциальные минеральные ресурсы ниобия, олова и тантала связаны с апогранитами входящего в состав Мадагаскара острова Нуси-Бе и полуострова Ампасиндава, а также с щелочными гранитами поднятия Бекудука. В южной части Мадагаскара известно россыпное месторождение олова Есира.

Коренные проявления и россыпи платины и платиноидов на Мадагаскаре известны в интрузивных зонах Лундукуманана и габроидах массива Антампумбату.

Золото на Мадагаскаре в основном находится в кварцевых жилах, зеленокаменных поясах, диффузных минералах и кварцевых рифах. Имеются также месторождения аллювиального золота и некоторых латеритных земель. Запасы золотых руд месторождения Андавакуера составляют 1,7-4,5 тыс. т.

Первичные (рудные) месторождения золота Мадагаскара относятся к золотосодержащим мезотермальным жилам, содержащим кварц. Золото также тонко вкраплено в кристаллические сланцы различных фаций. При этом оруденение жильных месторождений представлено преимущественно золото-кварцевой

и золото-сульфидной ассоциациями. Пласты золотосодержащих кварцитов, как правило, сильно трещиноваты, а при их разработке они превращаются в мелкую щебенку. Золото при этом высвобождается из минеральной матрицы и извлекается старателями при промывке.

Вторичные (россыпные) месторождения золота представлены древними и современными аллювиальными отложениями в виде золотосодержащих россыпей. Они распространены вдоль дна многих палеодолин и речных террас. Современные золотосодержащие аллювиальные отложения встречаются в гравии и отложениях современных русел рек (р. Наморана, Парк Рамофона; р. Ампоасара, приток р. Манандзари и других), представляющих собой довольно короткие, полноводные и порожистые водные системы.

Золотосодержащие пески обычно представлены различными обломками крупнозернистого кварцита, размером 2-10 см, зачастую, сцементированными супесью. В них практически отсутствует глинистая примазка и опытным путем было установлено довольно высокое (от 10% до 15%) содержание тяжелых фракций.

Плотик золотосодержащей россыпи в подавляющем большинстве случаев представлен коренными породами, выветрелыми до глины. Зачастую плотик неровный, т. к. отражает рельеф местности на период образования золотосодержащей россыпи. Содержание золота в концентрате зависит не только от его качества и количества, находящегося в россыпи, но и от способа обогащения песков. Если их мыть на лотке, то получают содержания на уровне 0,1 г/м³. При использовании центробежного концентратора с доводкой на концентрационном столе можно получить до 0,5 г/м³. А пробирный анализ по отдельным пробам показывает граммовые



Рис. 3. Кустарная разработка речных золотоносных залежей.

Сурет 3. Өзеннің алтын кен орындарын қолмен игеру.

Figure 3. Artisanal development of river gold deposits.

содержания на 1 тонну. Золото очень тонкое, поэтому концентрационный стол его плохо улавливает.

Довольно интересно распределение золотосодержащих песков по долинам о. Мадагаскар: они встречаются только среди гнейсов, а в долинах, проходящих среди гранитов, залежи таких песков практически отсутствуют. В руслах современных рек золотоносных россыпей тоже нет. Это можно объяснить тем, что здесь местность преимущественно холмистая, а склоны глинистые, и в период дождей вся вода вместе с песками сразу быстрым гидродинамическим потоком стекает в реки, уровень которых в такой период поднимается в разы и этот бурный поток уже давно вымыл на прибрежный пляж и далее на шельф все золотосодержащие пески. В результате, пески сохранились только на склонах и во впадинах, где они задерживались, образуя новые залежи золотосодержащих россыпей. Со временем их затягивает глиной, ползущей со склона.

По нашему мнению, определенную промышленную перспективу на Мадагаскаре представляют прибрежные золотосодержащие россыпи. В настоящее время имеются данные о значительных количествах (несколько тонн в год) золота, выносимого крупными реками в бассейны морской или океанической седиментации [1]. При этом необходимо учитывать, что при выносе с суши золото обычно накапливается в дельтовых (аллювиально-морских) фациях, что обуславливается резкой сменой солености вод (т. к. в зоне смешения морских и речных вод снижается значение рН), их плотности, обогащения органическими соединениями и т. д., в совокупности приводящих к осаждению золота на образованных геохимических барьерах⁴. Кроме того, имеющиеся выраженные электролитические свойства морской воды обычно способствуют процессам коагуляции золота, поступающего с речным стоком в растворенном виде, а также в виде тончайших взвесей.

Кроме геохимических процессов в формировании прибрежных золотосодержащих россыпей важное значение имеют физико-механические процессы.

Определенная часть золота, прошедшая речные дельты, а также поступающая на литораль за счет

выноса более мелкими реками, разносится прибрежными течениями субпараллельно береговой линии, образуя на дне акватории ореолы рассеяния [2], иногда шириной до 40 м, а в мелководной зоне шельфа, особенно в отложениях подводных террас – до 700 м. Также было установлено, что большая часть ореолов рассеяния золота приурочена к мелководной зоне шельфа между изобатами 6,3 м и 31,3 м (с уклоном 0,0041).

В ходе исследований было отмечено, что в местах накопления крупнозернистого материала вблизи берега у профиля имеется довольно большой угол наклона [3], а на участках с повышенным содержанием средне- и мелкозернистых песков этот профиль более пологий. При этом золото из прибрежных россыпей находится в самостоятельных микрозернах (чаще – пластинчатого габитуса) или же в виде частиц, сорбированных гидроксидами железа и глинистым веществом, коллоидов, хлористых и золотоорганических соединений.

Для последующего извлечения золота и прибрежных россыпей интерес представляют формы его нахождения среди песков. Выявленные золотишки прибрежных россыпей имеют довольно разнообразный облик [4]:

- уплощенные изометрические частицы (с признаками выраженного механического воздействия);
- кристаллографические формы (призматические и кубооктаэдрические);
- глобулярные;
- овальные гроздьи;
- объемные зерна изометрической или удлиненной формы.

Среди них можно выделить как кластогенные, так и гипергенные частички золота. Необходимо отметить, что гипергенное золото зачастую нарастает на кластогенном в виде дендритов и игольчатых форм или различных бугорков [4]. Кроме того, на поверхности золотин из морских россыпей прибрежной зоны во многих случаях наблюдается определенная побежалость и железистая пленка, а иногда присутствуют вросстки силикатов и черных рудных минералов. Также золотины могут иметь довольно причудливую форму в виде псевдоморфоз хемогенного золота по морской фауне.

⁴Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. / Под ред. чл.-корр. РАН Н.С. Касимова и проф. А.Е. Воробьева. – М.: МГУ, 2002. – 342 с.

Во многих случаях поверхность золотин из прибрежных россыпей имеет следы переноса в гидродинамических потоках, проявленные в виде следов волочения, царапин и т. д. [4]. Также наблюдаются признаки их деформации, разветвления и выщелачивания.

Исследованная геохимия россыпного золота в морской воде позволила нам разработать технологию техногенного обогащения золота в прибрежной зоне акваторий⁵, где полезную работу по сегрегации минерального материала по массе выполняют морские и океанические волны. При этом власти Мадагаскара поддерживают кустарную добычу золота (рис. 3), как альтернативу крупномасштабным горным разработкам, что, по их мнению, позволяет наносить меньше вреда имеющимся паркам и заповедникам на этом острове.

Первоочередными объектами для дальнейшей разведки и разработки должны послужить пляжи и примыкающая к ним зона мелководий Мадагаскара, где глубина не превышает 20-40 м [5, 6]. Прибрежные (морские, шельфовые) золотосодержащие россыпи могут разрабатываться посредством специальных устройств и технологий⁶.

Необходимо отметить, что существующие технологии разработки прибрежно-морских россыпей вызывают существенное загрязнение морских вод. Например, при добыче песков со дна моря мутность вод повышается от 8 до 400 раз. Такое загрязнение сказывается на различных гидробионтах. В частности, высокая концентрация взвесей значительно сокращает освещение и снижает продуктивность фитопланктона. К тому же, возникающее переотложение взвешенного материала представляет серьезную опасность для рыб, нерестящихся на грунте, а также для фильтрующих моллюсков.

Заключение

На Мадагаскаре необходимо развивать предприятия, разрабатывающие высоколиквидные полезные ископаемые (в первую очередь, золото). Для эффективного использования минерально-сырьевой базы Мадагаскара необходимо применять экологически щадящие технологии добычи и переработки минерального сырья. Преимущественное направление – это разведка прибрежных россыпей тяжелых металлов и минералов, их разработка и первичная переработка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванова А.М., Крейтер Е.Н. Мелкое и тонкое золото в шельфовых областях мирового океана. // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – 2006. – №2. – С. 30-49. (на русском языке)
2. Кунгурова В.Е. К вопросу о россыпной золотоносности прибрежно-морской зоны юго-западной Камчатки. // Руда и металлы. – 2014. – №5. – С. 19-31. (на русском языке)
3. Гуров К.И. Результаты мониторинга динамики береговой зоны и гранулометрического состава наносов пляжей в центральной части Каламитского залива. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2020. – Вып. 1. – С. 36-46. (на русском языке)
4. Шнюков Е.Ф., Маслаков Н.А., Скорик А.Н., Гаврилюк И.В., Кутний В.А. О золотоносности песчаных отложений Керченского полуострова. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2008. – №2. – С. 53-67. (на русском языке)
5. Воробьев А.Е., Ибрагимов Р., Котенева Л.А. Группировка инновационных методов и технических средств освоения аквальных минеральных ресурсов. // Маркшейдерия и недропользование. – 2015. – №1. – С. 29-36. (на русском языке)
6. Воробьев А.Е., Ибрагимов Р., Котенева Л.П. Типизация инновационных методов и технических средств освоения аквальных минеральных ресурсов. // Сборник научных статей международной научно-технической конференции «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли». – Ташкент: ТашГТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 16-27. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Иванова А.М., Крейтер Е.Н. Мұхиттардың қайраң аймақтарындағы ұсақ және жұқа алтын. // Мұхиттардың геологиясы және пайдалы қазбалары. – 2006. – №2. – Б. 30-49. (орыс тілінде)
2. Кунгурова В.Е. Камчатканың оңтүстік-батысындағы жағалау-теңіз аймағының алтын қорының шашырауы туралы сұраққа. // Кендер мен металдар. – 2014. – №5. – Б. 19-31. (орыс тілінде)
3. Гуров К.И. Каламит шығанағының орталық бөлігіндегі жағалау аймағының динамикасын және жағажайлар шөгінділерінің гранулометриялық құрамын мониторингілеу нәтижелері. // Теңіздің жағалау және Қайраң аймақтарының экологиялық қауіпсіздігі. – 2020. – Шығ. 1. – Б. 36-46. (орыс тілінде)

⁵Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Чекушина Е.В. и др. Способ складирования металлосодержащей горной массы в воде. / Патент РФ №2002957, МПК5Е 21 С 41/26, БИ №41-42. – 1993.

⁶Приближается время широкого освоения морских и океанских недр Российской Федерации. // Маркшейдерский вестник. – 2008. – №5. – С. 59.

4. Шнюков Е.Ф., Маслаков Н.А., Скорик А.Н., Гаврилюк И.В., Кутный В.А. Керч түбегінің құмды шөгінділерінің алтындылығы туралы. // Дүниежүзілік мұхиттың геологиясы мен пайдалы қазбалары. – 2008. – №2. – Б. 53-67. (орыс тілінде)
5. Воробьев А.Е., Ибрагимов Р., Котенева Л.А. Су минералды ресурстарын игерудің инновациялық әдістері мен техникалық құралдарын топтастыру. // Маркшейдерия және жер қойнауын пайдалану. – 2015. – № 1. – Б. 29-36. (орыс тілінде)
6. Воробьев А.Е., Ибрагимов Р., Котенева Л.П. Су минералды ресурстарын игерудің инновациялық әдістері мен техникалық құралдарын типтеу. // «Тау-кен металлургия саласының инновациялық дамуының мәселелері мен жолдары» Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының ғылыми мақалалар жинағы. – Ташкент: ТашГТУ, 2014. – Бөлім 1. – Б. 16-27. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Ivanov A.M., Kreiter E.N. Fine and thin gold in the offshore areas of the world ocean. // *Geology and minerals of the world ocean*. – 2006. – №2. – P. 30-49. (in Russian)
2. Kungurova V. E. On the question of placer gold content of the coastal-marine zone of South-Western Kamchatka. // *Ores and metals*. – 2014. – №5. – P. 19-31. (in Russian)
3. Gurov K.I. Results of Coastal Zone Dynamics and Beach Sediments Granulometric Composition Monitoring in the Central Part of the Kalamitsky Gulf. // *Environmental safety of coastal and shelf zones of the sea*. – 2020. – Issue 1. – P. 36-46. (in Russian)
4. Shnyukov E.F., Maslakov H.A., Skorik A.N., Gavriilyuk I.V., Kutny V.A. On the gold content of the Kerch Peninsula sand deposits // *Geology and minerals of the World ocean*. – 2008. – №2. – P. 53-67. (in Russian)
5. Vorobyov A.E., Ibragimov R., Koteneva L.A. Grouping of innovative methods and technical means of development of aquatic mineral resources. // *Surveying and subsoil use*. – 2015. – №1. – P. 29-36. (in Russian)
6. Vorobyev A.E., Ibragimov R.R., Koteneva L.A. Set of innovative methods and technical means for aquatic mineral resource development. // *Collection of scientific articles of the international scientific and technical conference «Problems and ways of innovative development of the mining and metallurgical industry»*. – Tashkent: Tashkent State University. – 2014. – Part 1. – P. 16-27. (in Russian)

Сведения о авторах:

Воробьев А.Е., д-р техн наук, профессор, главный научный сотрудник Института инновационных инженерных технологий Российского университета дружбы народов (г. Москва, Россия), fogel_al@mail.ru

Воробьев К.А., аспирант Департамента геологии, горного и нефтегазового дела Российского университета дружбы народов (г. Москва, Россия), k.vorobyev98@mail.ru

Ндриамбануна Суамирай Алис, аспирант кафедры экономики Université de Mahajanga (г. Махадзанга, Мадагаскар), fogel_al@mail.ru

Щесняк Л.Е., аспирант Центра аддитивных технологий Российского университета дружбы народов (г. Москва, Россия), shchesnyak-l@rudn.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Воробьев А.Е., техника ғылымдарының докторы, профессор, Ресей Халықтар Достығы Университеті инновациялық инженерлік технологиялар институтының бас ғылыми қызметкері (Мәскеу қ., Ресей), fogel_al@mail.ru

Воробьев К.А., Ресей халықтар достығы университетінің Геология, тау-кен және мұнай-газ ісі департаменті аспиранты (Мәскеу қ., Ресей), k.vorobyev98@mail.ru

Ндриамбануна Суамирай Алис, Université de Mahajanga экономика кафедрасы аспиранты (Махадзанга қ., Мадагаскар), fogel_al@mail.ru

Щесняк Л.Е., Ресей халықтар достығы университетінің Аддитивті технологиялар орталығы аспиранты (Мәскеу қ., Ресей), shchesnyak-l@rudn.ru

Information about authors:

Vorobyov A.E., Doctor of Technical Science, Professor, Chief Researcher at the Institute of Innovative Engineering Technologies of the Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia), fogel_al@mail.ru

Vorobyov K.A., Graduate Student at the Department of Geology, Mining and Oil and Gas Business of the Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia), k.vorobyev98@mail.ru

Ndriambanuna Suamiray of Alis, Graduate Student at the Department of Economy of the Université de Mahajanga (Mahajanga, Madagascar), fogel_al@mail.ru

Shchesnyak L.E., Graduate Student at the Center of Additive Technologies of the Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia), shchesnyak-l@rudn.ru

Код МРНТИ 52.47.19

А.Г. Гусманова¹, Р.А. Бекбаева^{1,2}, А.А. Койшиева¹, А.А. Койшев¹¹Ш. Есенев атындағы Каспий технологиялар және инженеринг университеті – Yessenov University (Ақтау қ., Қазақстан),
²«Optimum» Жобалау институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі (Ақтау қ., Қазақстан)

КӨПҚАБАТТЫ МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНАН БІР МЕЗГІЛДЕ БӨЛЕК ПАЙДАЛАНУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ АРҚЫЛЫ МҰНАЙ ӨНДІРУДІ АРТТЫРУ

Андатпа. Көпқабатты мұнай кеніштерінен өнімді бөліп алу кезіндегі бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы арқылы бір ұңғымалар торы арқылы бірнеше қабаттағы мұнайды бір мезетте бөліп алу мүмкіндігі бар болғандықтан, қазіргі таңда бұл технология кең қолданысқа ие. Мұндай технология өнімді толыққанды өндіру мен алынған мұнай көлемін әлдеқайда арттыруға мүмкіндік береді. Дегенмен, бірнеше қабаттағы мұнайды қатар өңдеу барысында жер қойнауындағы кеннің мөлшерін есептеу мен өңдеу жағдайының мәселесі күні бүгінге дейін толық шешімін тапқан жоқ, атап айтқанда, резервуарлық энергияны ұстап тұрудың аралас технологияларын қолдана отырып, көп қабатты резервуардан мұнай алудың тиімділігін, олардың стационарлық және тұрақсыз су айдау, су мен газды белсендіру жағдайларында бір мезгілде және жеке пайдалану арқылы жұмыс істеуге арналған жабдықпен жеке ұңғымалардың режимі мен жұмысына әсерін бағалау міндетті болып табылады.

Түйінді сөздер: игеру объектісі, бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы, гидродинамикалық зерттеулер, геологиялық-физикалық сипаттама, мұнай өндіру, мұнай қабатты.

Увеличение добычи нефти с применением технологии раздельной эксплуатации пластов из многопластовой залежи

Аннотация. Применение технологий раздельной эксплуатации пластов при отборе продукции из многопластовой залежи находит все большее использование, так как позволяет одной сеткой скважин отбирать нефть из нескольких пластов одновременно, что дает возможность ускорить выработку запасов и нарастить объемы отбираемой нефти. Однако при отборе из нескольких пластов проблемы учета и состояния выработки запасов до настоящего времени решены не полностью, в частности задача оценки эффективности отбора нефти из многопластовой залежи при помощи комбинированных технологий поддержания пластовой энергии, их влияние на режимы и работу единичных скважин с оборудованием для одновременно-раздельной эксплуатации в условиях стационарного и нестационарного заводнения, водогазового воздействия на пласт.

Ключевые слова: объект разработки, одновременно-раздельная эксплуатация, гидродинамические исследования, геолого-физические характеристики, отбор нефти, залежи нефти.

Increasing oil recovery using separate reservoir exploitation technologies from a multilayer reservoir

Abstract. The use of separate operation technologies for formations in the selection of products from a multilayer reservoir is increasingly used, as it allows the use of a single grid of wells to select oil from several formations simultaneously. This allows you to accelerate the development of reserves and increase the volume of selected oil. However, when selecting from several reservoirs, the problems of accounting and the state of reserves development have not yet been completely solved, in particular, the task of assessing the effectiveness of oil extraction from a multilayer reservoir using combined technologies to maintain reservoir energy, their impact on the modes and operation of individual wells with equipment for simultaneously separate operation in the conditions of stationary and non-stationary flooding, water and gas impact on the reservoir.

Key words: development object, simultaneous-separate exploitation, hydrodynamic studies, geological and physical characteristics, oil withdrawal, oil deposits, oil reserves, field conditions, oil extraction, analysis of object.

Әдеби жолу

Бүгінгі таңда мұнай компанияларында кеңінен қолданылатын перспективті технологиялық шешімдердің бірі бірнеше қабаттың бір уақытта және бөлек жұмыс істеуіне мүмкіндік беретін арнайы сорғы жабдықтарын пайдалану болып табылады. Бір мезгілде бөлек пайдалану – мұнай ұңғымалардың біртұтас торымен көп қабатты кен орны нысандарының сұйық құрамы мен әртүрлі коллекторлық қасиеттерін дамытудың жеке жүйесін енгізуге ықпал етеді де, сонымен қатар кез келген мұнай даму кезеңінде ресурстарды үнемдеу кезінде кен орнын игеруді реттеу әдістерінің бірі болып табылады¹ [1, 2].

Бір мезгілде және жеке пайдалану технологиясын екі нысанда қолдану келесідей мүмкіндіктер беретіндігі дәлелденген [3]:

- мұнай өндірісінің рентабельділігін арттыру мақсатында көп қабатты кен орындардағы ұңғымаларды іріктеу арқылы басқа өнімділігі төмен нысандарды игеру есебін арттыру;
- әр нысан бойынша мұнай өндірісін бөлек есепке алу;
- қосымша ұңғымалар бұрғыламай-ақ тордың тығыздалуы арқылы игеруге басқа өңірлерден бұрғыланбаған қорларды тартуды жеделдету;

- жаңадан ашылған кен орындарында бұрғылауға жұмсалатын капитал мөлшерін азайту;
- жеке өнімділігі төмен нысандарда жаңа ұңғымалардың бұрғылау жұмысарын жүргізу;
- қайтарылатын мұнай өндіру нысандарын пайдалануға беруді жеделдету.

Бір мезгілде бөлек пайдалану бірлескен өндірістік өнімді бөлу бөлек және бір лифт арқылы болып ажыратылады. Әзірлеу жобасында көрсетілген жұмыс режимін (ағынның жылдамдығы мен түбіндегі қысым) әр түрлі жолдармен қамтамасыз етуге болады: лифт құбырына кіре берістегі түзілген өнімді өндіру арқылы (бұл жағдайда барлық өнімдер бір сорғымен көтеріледі) немесе жеке сорғылардың көмегімен, яғни өнімді көлемді бөлу арқылы жүзеге асады [4-6]. Көлемді бөлуге бір қатарлы өзекшеден жұмыс жасайтын қосарлы сорғыларды қолдану, қос қызмет арқаратын сорғыларды қолдану, дифференциалды сорғыларды қолдану, кендерді сатылай өндіру жұмысы және т. с. с. танымал технологиялар енуі мүмкін. Бір мезгілде бөлек пайдалану қондырғылары бір және көп парналы түріне қарай ажыратылады. Пакерлермен бөлінген нысандардағы бір арналы қондырғыларда айдау

¹Аржиловский А.В. Научные аспекты совместной разработки пластов и технологий ОПЭ (ОРЗ): дис. ... канд. техн. наук. – Уфа, 2012. – 151 с.

Кесте 1

Айранкөл кен орнында бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясын енгізу

Таблица 1

Внедрение технологии раздельной эксплуатации пластов на месторождении Айранколь

Table 1

Implementation of separate reservoir exploitation technologies at the Ayrankol field

Жылдар	2012	2013	2014	2015	2016
Ұңғымалар саны	1	1	6	13	16

режимін реттеу штуцирлеу арқылы жүзеге асады, ал қуыс түйіндері әдетте мандрилде (арнайы мақсатты қолданылатын құбырларға арналған ұңғы камералары) орналасады. Мұнайды айдау кезінде, өндірістен айырмашылығы, құбырдағы арна бос, арқан көмегімен фитингтердің жұмысын реттеп, оларды ауыстыруға болады. Көпарналы қондырғыларда суды бірнеше құбырлар арқылы айдайды, мұнда құбырлар өзара параллель немесе концентрлі болуы мүмкін [7].

Бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясын енгізу туралы шешім қабылдаудың бастапқы шарттары резервуарлардағы мұнай қорын, сұйықтықтардың физика-химиялық қасиеттерін (ФХК) және әр резервуардан жоспарланған іріктеу деңгейлерін бағалау болып табылады [8].

Өнімді жекелеген көтеру барысында бірқатар лифтер қолданылады, олар параллельді немесе концентрлі болуы мүмкін. Бір қабат астындағы өнімді көтеру үшін қуыс түтіктерді пайдалану концентрленген лифттің бір нұсқасы болып табылады.

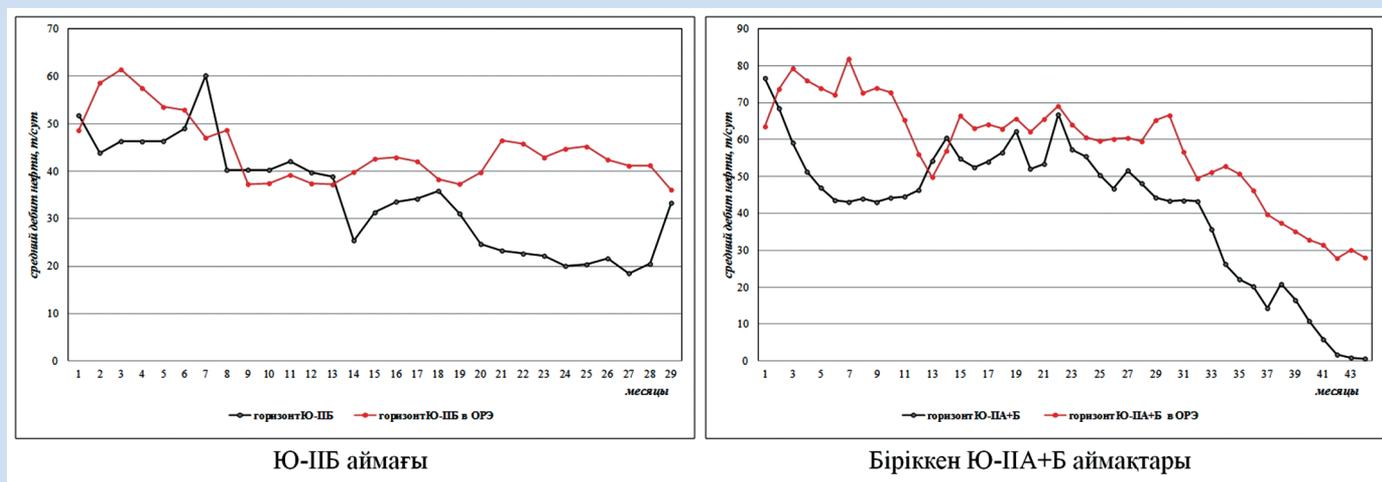
Бірнеше қабаттағы мұнайды бір өндіруші ұңғыма арқылы бөліп алу біріккен немесе бөлек болуы мүмкін. Мұнайды «төменнен жоғары қарай» бөліп алудың қалыптасқан сызбасы максималды өнім мен мұнай алу коэффициентінің жоғары дәрежесін береді, дегенмен мұндай тәсілмен мұнай өндіру экономикалық түрде тиімсіз. Сондықтан эксплуатациялық нысандарды біріктіру немесе ажырату мәселесі әркез өндірушілер үшін маңызды болып табылады. Гидродинамикалық модельдеу

стимуляторлары көп қабатты жүйені құру кезінде ықтимал жағдайларды болжауға мүмкіндік береді және пайдалану үшін перспективті бағыттарды ұсынады.

Жұмыстың негізгі мақсаты – Қазақстан көпқабатты мұнай кенорындарынан бөлек эксплуатация технологиясы арқылы мұнайды бөліп алуды арттыру және оның тиімділігін талдау.

Материалдар мен әдістер

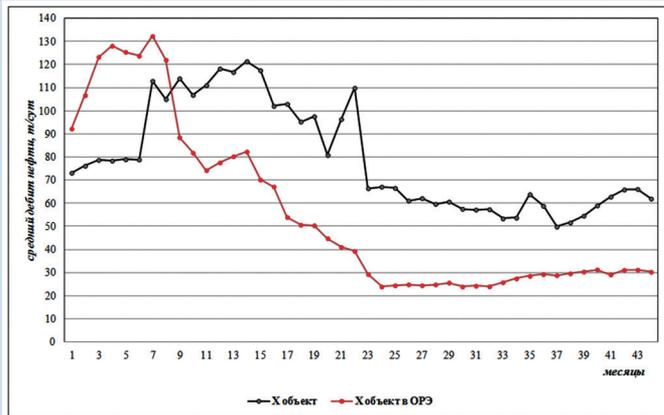
Айранкөл мұнай-кен орны географиялық тұрғыдан Каспий маңы ойпатының оңтүстік-шығыс бөлігінде, Оңтүстік Ембі аймағында және әкімшілік бөлінісі бойынша Атырау облысында орналасқан. Атырау қаласынан солтүстік-батысқа қарай 190 км қашықтықта орналасқан. Айранкөл кен орны 1979 ж. Г-2 ұңғымасында ашылды, онда құрылымның батыс төменгі бор қабаттарын сынау кезінде мұнай ағыны алынды. Юра шөгінділерінің өнімділігі 2006 ж. шығыс қоймасында анықталды. 2007 ж. Р-3 ұңғымасының көмегімен Шығыс қоймасында төменгі бор қабаттарының өнімділігін анықтады. 2008 ж. IV блокта орналасқан Р-16 және Р-5 ұңғымаларын сынау нәтижесінде төменгі бор және юра (Ю-I) кен орындарында мұнай кен орындары ашылды. Айранкөл кен орнында бұрғыланған ұңғымалар төрттіктен төменгі пермияның кунгур сатысына дейінгі ең көп тереңдігі Г-2 ұңғымасында 2200 м тереңдікте ашылды. Пермотаза тау жыныстары кунгур кезеңінің шөгінділерінде өзгеріссіз кездеседі және литологиялық тұрғыдан саздар мен құмтастардан тұрады.



Сурет 1. Бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы ұңғымаларындағы және бөлек жұмыс істейтін ІХ қондырғысы үшін мұнай өндірудің орташа деңгейінің динамикасы.

Рис. 1. Динамика среднего дебита нефти по ІХ объекту в скважинах ОРЭ и ведущих отдельную эксплуатацию.

Figure 1. Dynamics of the average oil production rate for the IX facility in the separate operation technologies and conducting separate operations.



Сурет 2. Бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы ұңғымаларында X нысаны бойынша мұнайдың орташа өнімінің динамикасы.
Рис. 2. Динамика среднего дебита нефти по X объекту в скважинах ОРЭ, ведущих отдельную эксплуатацию.

Figure 2. Dynamics of the average oil production rate for the X facility in the separate operation technologies and conducting separate operations.

Айранкөл кен орнында 14 өндірістік игеру объектілері анықталған. 2010 ж. өндірістік қуаттылықтарды біріктіру және арнайы жабдықтың көмегімен даму процесін бақылау және реттеу, дамудың техникалық және экономикалық тиімділігін арттыру мақсатында бір мезгілде және бөлек эксплуатациялау жұмысын енгізу қарастырылды. Осыған орай бір мезгілде және жеке пайдалану жұмыстарына бір торда орналасқан IX

және X, XI және XIII, XII және XIV нөмірлі ұңғымалар нысандары бөлініп алынды.

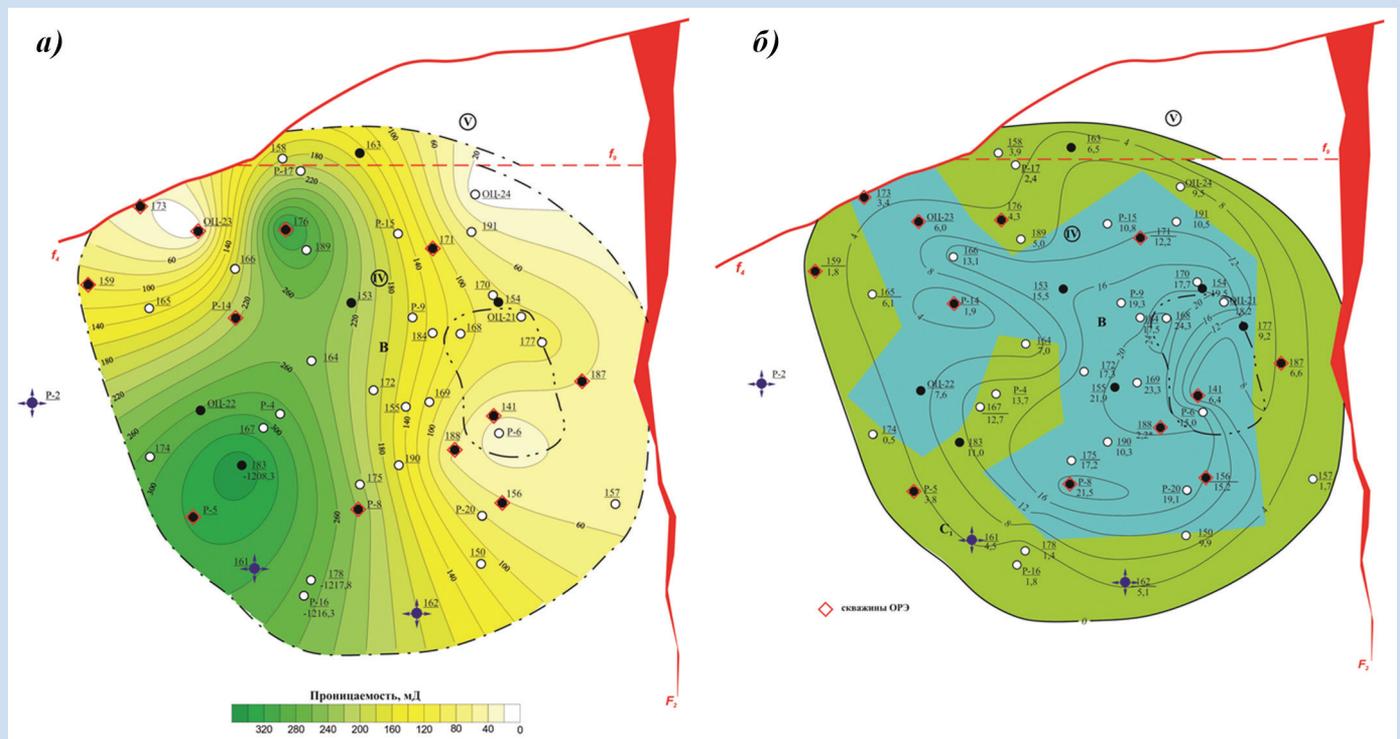
Ең алғашқы бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясын қолданудың сынамалары 2012 жылдың сәуір айында, мұнайдың көп мөлшері шоғырланған Ю-IVA және Ю-VA аймағының P-18 ұңғымасына жүргізілген болатын. Аталмыш іс-шараларды жүргізгеннен кейінгі мұнай өндірудің өнімділігі 37,0 т/тәулікті құрады. Өндіруші ұңғымаларда бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясын енгізу өнімнің артуына алып келді. бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы режимін қолдану арқылы, екі қабаттан мұнайды бөліп алдың максималды жүзеге асқан ұңғымалар саны 2016 жылы 16-ға жетті. Айранкөл мұнай-кен орнында бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясын енгізудің уақыты кесте 1 келтірілген.

Бір мезгілде бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы бойынша жүргізіліп жатқан нысандардың сипаттамасын талдау жасайық.

Нәтижелер және оны талдау

IX нысаны 2011 ж. маусымда консервациядан өткен 4 ұңғымадан шығару арқылы іске қосылды. Аталған нысан қабат қысымын тұрақты ұстап тұрушы қосымша күштің көмегімен, табиғи қабаттық энергияның азаюы барасында жұмыс жасап тұр.

Өндіруші ұңғымалардың саны 19 дананы құрайды (P-4, P-5, P-8, P-14, P-20, ОЦ-21, ОЦ-23, 141, 142, 156, 157, 158, 159, 171, 173, 176, 184, 187, 188), фонтандық әдіспен жұмыс жасайтын P-4, 184-тен басқасы, барлық ұңғымалар механикалық әдіс арқылы жұмыс жасайды. Зерттелінген нысан бойынша орташа тәуліктік мұнайды бөліп алу көсеткішері 29,1 және 34,6 т/тәулікті құрады.



Сурет 3. X нысанының өткізгіштігі (a) және маймен қаныққан қабаттың қалыңдығының (b) X картасы.
Рис. 3. Карты проницаемости (a) и нефтенасыщенных толщин (б) X объекта.
Figure 3. Maps of permeability (a) and oil-saturated thicknesses (b) X object.

Өнім құрамындағы судың мөлшері орташа есеппен 16,0%-ға тең. Газды фактор – 42,1 м³/т. Алынған өнім ішіндегі мұнай – 865,2 т, сұйықтық – 971,9 т және еріген газ – 28,1 млн м³ құрады.

X нысанын 2011 ж. маусымда P-8 ұңғымасын консервациялау арқылы өндірістік пайдалануға берілді. Өндіруші ұңғымалар қорында 20 дана ұңғымалар (P-5, P-8, P-14, ОЦ-21, ОЦ-22, ОЦ-23, 141, 153, 154, 155, 156, 159, 163, 171, 173, 176, 177, 183, 187, 188) бар. Зерттелінген нысан бойынша орташа тәуліктік мұнайды бөліп алу көсеткіштері 38,7 және 49,0 т/тәулікті құрады. Өнім құрамындағы судың мөлшері орташа есеппен 21,0%-ға тең. Газды фактор – 44,2 м³/т. Алынған өнім ішіндегі мұнай – 1042,1 т, сұйықтық – 1223,7 т және еріген газ – 36,5 млн м³ құрады.

Айдаушы ұңғыма қоры жұмыс жасап тұрған үш нысанды (161, 162, P-2) құрайды. Айдау ұңғымаларының орташа жылдамдығы – 46,7 м³/тәулікті құрайды. Жұмыс барысынан бері қарай жұмыс жасаушы агенттің айдалған мөлшері 50,8 мың м³-ті құрады.

IX (Ю-ПА+Ю-ПБ) және X (Ю-ША+Ю-ШБ) нысандары үшін бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы жұмыстары 2013 ж. сәуірінде енгізілген болатын. Осы технология бойынша 13 ұңғыма (P-5, P-8, P-14, ОЦ-21, ОЦ-23, 141, 156, 159, 171, 173, 176, 187, 188) жұмыс жасайды.

Сурет 1 бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясын қолдана отырып, IX нысанды игеру үшін мұнай өндірудің орташа тәуліктік деңгейінің салыстырмалы дебиті және бір ғана нысанның жұмысы көрсетілген. IX нысан құрамына Ю-П аймағының А және Б қабаттары кіреді. Бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы бойынша негізінен және сирек уақытта Ю-ПА+ Ю-ПБ қосарланған режимде жұмыс жасайды.

Бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы ұңғымаларында және тек IX нысан ұңғымаларында жұмыс істейтін режимдерінде шамалы айырмашылықтар бар екендігі көрсетілген. Бұл сорап қондырғысына оңтайлы жұмыс жасау үшін дұрыс параметрлер таңдалғандығын көрсетеді.

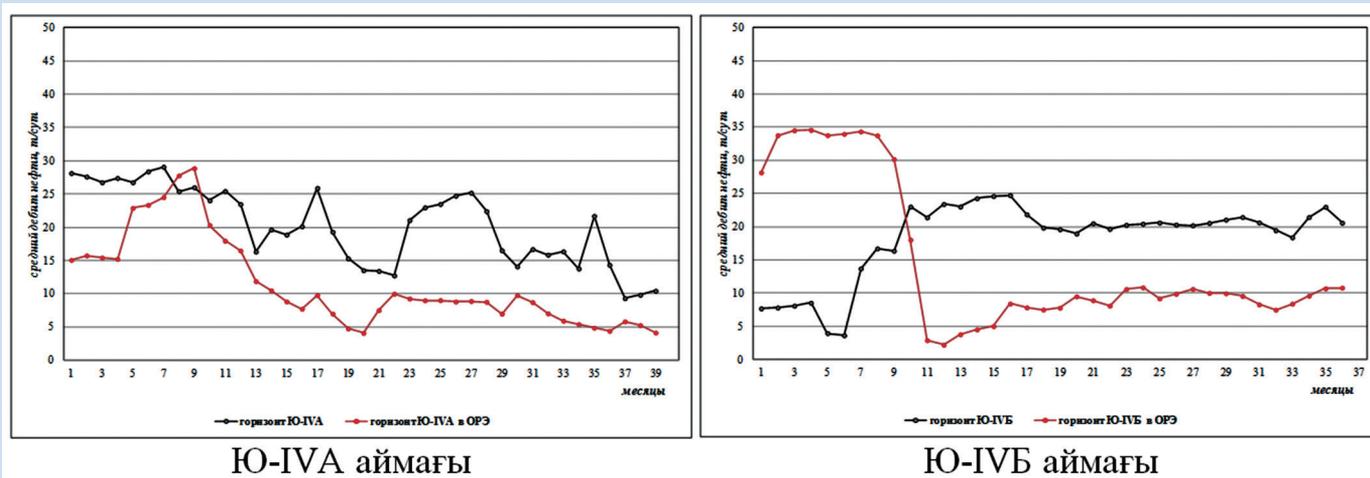
X нысандағы мұнай өнімі мол шоғырланған өндіру ұңғымаларында мүлдем басқа көрініс байқалады. Көптеген ұңғымалар бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы бойынша Ю-ПБ аймағында жұмыс жасағандықтан, көрсеткіш динамикасы аталмыш аймақтағы мәліметтер бойынша келтірілген. Мұнайды бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы кезінде өндіретін ұңғымалар жеке пайдалану кезінде осы горизонттағы өндіріс қарқынымен салыстырғанда өндіріс қарқынының төмендеуімен сипатталады (сурет 2). Мұндай жағдай бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы бойынша жұмыс істейтін ұңғымалардың көпшілігі аз өнімді аймақтарда орналасқандығымен байланысты болып табылады (сурет 3).

Бұл технологияның жеке ұңғымаларды өндіруге әсерін қарастырайық. XI (Ю-IV) және XIII (Ю-V) нысандары үшін бір мезгілде бөлек пайдалану жұмыстары 2013 ж. қыркүйегінде енгізілген болатын және аталмыш технология бойынша 164 және 168 нөмірлі екі ұңғыма жұмыс жасайды.

XI және XIII нысандары бойынша алынған сұйықтықтар бойынша салыстыру гистограммасы құрылған жоқ, себебі бұл нысандарда жалғыз ғана ұңғымалар жұмыс жасап тұр. Іріктеу индикаторлары бойынша ұңғымалардың әр түрлі таралуын атап өтейік, өйткені XI объектісінде ұңғымалар орташа өніммен сұйықтық 4,2 т/тәулік (164 ұңғыма) және 12,8 т/тәулік (168 ұңғыма), ал XIII нысанда 18,2 т/тәулік (164 ұңғыма) және 17,9 т/тәулік (168 ұңғыма) ағынмен жұмыс істейді.

Сурет 4 XI нысандағы қабатты бір мезгілде және жеке өңдеу бойынша ұңғымаларының өнім алу динамикасы келтірілген. Суретте көрініп тұрғандай, жекелеген өндіріс кезіндегі мұнай өнімінің көрсеткіштері ұңғымалардан бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы арқылы өндіру мәнінен әлдеқайда асып түсетіндігі байқалады.

XIII нысанда 3 ұңғыма бар, соның ішінде екеуі бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы бойынша



Сурет 4. Бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы ұңғымаларында XI нысаны бойынша мұнайдың орташа өнімінің динамикасы.

Рис. 4. Динамика среднего дебита нефти по XI объекту в скважинах ОПЭ и ведущих раздельную эксплуатацию.

Figure 4. Dynamics of the average oil production rate for the XI facility in the separate operation technologies and conducting separate operations.

жұмыс істеп тұр және мұнай қорының әртүрлі аймағында орналасқандықтан XIII нысан бойынша график тұрғызу мүмкін болмады.

Қорытынды

Осылайша, Айранкөл кен орнында бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы тұтастай алғанда мұнай өндіруге арналған аймақ, мұқият таңдалған сорғы жабдықтары мен өндірістік құрылымдардың үйлесімді жұмысымен сипатталады деген қорытынды жасауға болады. Бұл өнімді біркелкі өндіру, резервуар аралық

ағындар мен біріккен жұмыстағы өзге де мәселелердің туындатпайтындығының көрінісі болып табылады. Бір мезгілде бөлек пайдалану технологияларын қолдана отырып, көп қабатты кен орындарының игеру жағдайын зерттеу резервуарларды бірлесіп игеру кезінде жеке мұнай қоймаларының қорларын игеру есебі жеткілікті тиімді емес түрде жүргізілген, бұл мұнай қоймаларындағы қорлардың даму жағдайын анықтау үшін көп мақсатты гидродинамикалық зерттеулерді қажет ететіндігін көрсетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Владимиров И.В., Родионова И.И., Абилхаиров Д.Т. Балшық минералдарының көп мөлшері бар екі қабатты су қоймаларының су басу кезіндегі мұнай қорларын зерттеу // Мұнай кәсіпшілігі. – 2012. – №1. – Б. 39-45. (орыс тілінде)
2. Яртимев А.Ф. Бір мезгілде бөлек пайдалану технологияларын «Татнефть» нысандарында қолдану тиімділігі. // Мұнай, газ және бизнес. – 2009. – №7/8. – Б. 83-85. (орыс тілінде)
3. Erhui L., Zifei F., Yongle H., Lun Z., Haiyan Z., Jianjun W., Congge H., Xing Z. Сутегі-карбонатты резервуарларда қышқыл газды айдау процесін бағалауға арналған екі кеуектіліктің екі өткізгіштігі моделі // Халықаралық сутегі энергетикасы журналы. – 2019. – №44(46). – Б. 25169-25179. (ағылшын тілінде)
4. Salam A-R., Emre A. Балық тәрізді ұңғыманың көлденең ұңғымаларын аяқтау: қысымның тұрақтылығы, ағым режимі және өнімділік индексі туралы зерттеу. // Мұнай және газ саласындағы журнал. – 2019. – №176. – Б. 172-202. (ағылшын тілінде)
5. Shawgi A., Saeed S., Chinedum E. Қабырғаға ілулі қос тосқауыл жүйесіндегі газдың қоныс аударуы мен құдықтың ағып жатқанын шолу: Өнеркәсіп үшін қиындықтар мен салдарлар // Табиғи газ туралы ғылым және техника журналы. – 2020. – №78. – 103284 б. (ағылшын тілінде)
6. Conejeros R., Lepoach V. Екі ұңғымалық ұңғымаларды модельдік-оптималды басқару. // Мұнай және газ журналы. – 2004. – №42(1). – Б. 1-14. (ағылшын тілінде)
7. Ould-amer Y., Chikha S., Naji H. Қосарланған технологияны қолдана отырып су контурын тарту. – 2004. – № 45(1-2). – Б. 109-122. (ағылшын тілінде)
8. Гусманова А.Г., Бекбаева Р.А., Турнияз М.Б. Бір мезгілде бөлек пайдалануға арналған ұңғымаларды таңдау // Қазақстанның тау-кен журналы. – 2020. – № 1(177). – Б. 13-16. (орыс тілінде)
9. Guo B., Ghalambor A., Ling K. Көпжақты ұңғымаларға арналған композициялық-ағынды-өнімділік қатынастарының қатаң моделі. // SPE Өңдіру және өңдеу. – 2008. – №23(02). – Б. 241-248. (ағылшын тілінде)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Владимиров И.В., Родионова И.И., Абилхаиров Д.Т. Исследование выработки запасов нефти при заводнении двухпластовой системы коллекторов с повышенным содержанием глинистых минералов. // Нефтепромысловое дело. – 2012. – №1. – С. 39-45. (на русском языке)
2. Яртимев А.Ф. Эффективность применения ОРЭ-технологий на объектах ОАО «Татнефть». // Нефть, газ и бизнес. – 2009. – №7/8. – С. 83-85. (на русском языке)
3. Erhui L., Zifei F., Yongle H., Lun Z., Haiyan Z., Jianjun W., Congge H., Xing Z. Модель двойной пористости с двойной пористостью для оценки процесса нагнетания кислого газа в гидрокарбонатных коллекторах // Международный журнал по водородной энергетике. – 2019. – Т. 44(46). – С. 25169-25179. (на английском языке)
4. Salam A-R., Emre A. Завершение горизонтального ствола типа «рыбная кость»: исследование поведения давления, режимов потока и индекса производительности. // Нефтяная наука и техника. – 2019. – Т. 176. – С. 172-202. (на английском языке)
5. Shawgi A., Saeed S., Chinedum E. Обзор миграции газа и утечки из ствола скважины в двухбарьерной системе подвесной гильзы: проблемы и последствия для промышленности. // Журнал науки и техники о природном газе. – 2020. – Т. 78. – 103284 с. (на английском языке)
6. Conejeros R., Lepoach V. Основанное на модели оптимальное управление скважинами двойного заканчивания. // Нефтяная наука и техника. – 2004. – Т. 42 (1). – С. 1-14. (на английском языке)

7. Ould-amer Y., Chikha S., Naji H. Затухание водяного конуса с использованием технологии двойного заканчивания. // Нефтяная наука и техника. – 2004. – Т. 45 (1-2). – С. 109-122. (на английском языке)
8. Гусманова А.Г., Бекбаева Р.А., Турнияз М.Б. Подбор скважин для одновременно-раздельной эксплуатации. // Горный журнал Казахстана. – 2020. – № 1(177). – С. 13-16. (на русском языке)
9. Guo B., Ghalambor A., Ling K. Строгая модель взаимосвязи составной приток-производительность для многоствольных скважин. // SPE производство и операции. – 2008. – №23(02). – С. 241-248. (на английском языке)

REFERENCES

1. Vladimirov I.V., Rodionova I.I., Abilkhairov D.T. The study of oil reserves during the flooding of a two-layer system of reservoirs with a high content of clay minerals. // Oilfield business. – 2012. – №1. – P. 39-45. (In Russian)
2. Yartiev A.F. Efficiency of applying WEM-technologies at the facilities of «Tatneft» company // Oil, gas and business. – 2009. – No. 7/8. – P. 83-85. (In Russian)
3. Erhui L., Zifei F., Yongle H., Lun Z., Haiyan Z., Jianjun W., Congge H., Xing Z. A dual-porosity dual-permeability model for acidgas injection process evaluation in hydrogen-carbonate reservoirs. // International Journal of Hydrogen Energy. – 2019. – Vol. 44(46). – P. 25169-25179. (In English)
4. Salam A-R., Emre A. Fishbone type horizontal wellbore completion: A study for pressure behavior, flow regimes, and productivity index. // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2019. – Vol. 176. – P. 172-202. (In English)
5. Shawgi A., Saeed S., Chinedum E. Review of gas migration and wellbore leakage in liner hanger dual barrier system: Challenges and implications for industry. // Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2020. – Vol. 78. – P. 103284. (In English)
6. Conejeros R., Lenoach B. Model-based optimal control of dual completion wells. // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2004. – Vol. 42(1). – P. 1-14. (In English)
7. Ould-amer Yu., Chikha S., Naji H. Attenuation of water coning using dual completion technology. // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2004. – Vol. 45(1-2). – P. 109-122. (In English)
8. Gusmanova A.G., Bekbaeva R.A., Turniyaz M.B. Selection of wells for simultaneous and separate operation. // Mining Journal of Kazakhstan. – 2020. – №1(177). – P. 13-16. (In Russian)
9. Guo B., Ghalambor A., Ling K. A rigorous composite-inflow-performance relationship model for multilateral wells. // SPE Production & Operations. – 2008. – Vol. 23. – №2. – P. 241-248. (In English)

Сведения об авторах:

Гусманова А.Г., канд. техн. наук, ассоциированный профессор, декан факультета «Базовый» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), aigul.gusmanova@yu.edu.kz

Бекбаева Р.А., PhD докторант по специальности «Нефтегазовое дело» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), старший специалист службы разработки Товарищества с ограниченной ответственностью «Проектный институт «Optimum» (г. Актау, Казахстан), rba_90@mail.ru

Койшиева А.А., магистрант по специальности «Нефтегазовое дело» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), akoysheva@inbox.ru

Койшиев А.А., студент 4 курса по специальности «Нефтегазовое дело» Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова (г. Актау, Казахстан), erzhan-90vko@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Гусманова А.Г., техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Базалық» факультеті деканы, Ш.Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, (Актау қ., Қазақстан) aigul.gusmanova@yu.edu.kz

Бекбаева Р.А., Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті «Мұнай-газ ісі» мамандығының PhD докторанты (Актау қ., Қазақстан), «Optimum» Жобалау институты» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі мұнай және газ кен орындарын игеру қызметінің аға маманы (Актау қ., Қазақстан), rba_90@mail.ru

Койшиева А.А., Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, «Мұнай-газ ісі» мамандығының магистранты (Актау қ., Қазақстан), akoysheva@inbox.ru

Койшиев А.А., Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, «Мұнай-газ ісі» мамандығының 4 курс студенті (Актау қ., Қазақстан), erzhan-90vko@mail.ru

Information about the authors

Gusmanova A.G., PhD, Associate Professor, Dean at the Basic Faculty of the Yessenov University (Aktau, Kazakhstan), aigul.gusmanova@yu.edu.kz

Bekbaeva R.A., PhD Doctoral Student in the Specialty «Oil and Gas Business» of the Yessenov University, Senior Specialist of the Development Service of «Optimum» Design Institute» Limited Liability Partnership (Aktau, Kazakhstan), rba_90@mail.ru

Koysheva A.A., Master Student in the Specialty «Oil and Gas Business» of the Yessenov University (Aktau, Kazakhstan), akoysheva@inbox.ru

Koyshev A.A., Student in the Specialty «Oil and Gas Business» of the Yessenov University (Aktau, Kazakhstan), erzhan-90vko@mail.ru

Крупнейшее событие в
геолого-геофизической
области в России

ONLINE

ГЕО Eurasia 2021

ГеоЕвразия-2021

Геологоразведка

в современных реалиях:

*как мы можем помочь друг другу
пережить эти тёмные времена*

2-5 марта 2021

**Успейте подать доклад
до 25 января 2021**

www.gece.moscow

**+800
участников**

**+250
докладов**

**+200
компаний**

Код МРНТИ 38.63.53

С.О. Рыжков, В.С. Портнов

Некоммерческое акционерное общество «Казахдинский технический университет»

ГЕОРАДАРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЖЕЗКАЗГАНСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ №3 КАК МЕТОД МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические и практические основы современного георадиолокационного метода исследования состояния гидротехнических сооружений (георадарные исследования), описан принцип работы георадара. Исследования были проведены для хвостохранилища Жезказганской обогатительной фабрики №3, расположенной в г. Сатпаеве Карагандинской области. Для исследований были изучены инженерно-геологические свойства грунтов дамбы и основания гидротехнического сооружения. По результатам проведенных исследований установлено, что на всех профилях имеются различные «слабые» зоны, но рассмотрен один критический характерный участок. Интерпретированы радарограммы в специальной программе. На основе их анализа разработаны сценарии возможных аварий на хвостохранилище, оценена их вероятность, сделаны выводы и даны рекомендации.

Ключевые слова: хвостохранилище, георадар, георадиолокационный метод, исследование состояния, гидротехнические сооружения, инженерная геология, профиль, мониторинг, грунт, дамба.

№3 Жезказган байыту фабрикасының қалдық қоймасын георадарлық зерттеу гидротехникалық құрылыстардың жай-күйін мониторингтеу әдісі ретінде

Андатпа. Бұл мақалада гидротехникалық құрылыстардың жағдайын зерттеудің қазіргі георадиолокациялық әдісінің теориялық және практикалық негіздері қарастырылған (георадарлық зерттеулер), георадар жұмысының принципі сипатталған. Зерттеу Қағанды облысының Сәтбаев қаласында орналасқан №3 Жезказган байыту фабрикасының қалдық қоймасына жүргізілді. Зерттеу үшін бөгет топырақтарының және гидротехникалық құрылыс негізінің топырақтарының инженерлік-геологиялық қасиеттері зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша барлық профильдерде әртүрлі «әлсіз» аймақтар бар, бірақ бір маңызды сипаттама қарастырылған. Арнайы бағдарламадағы радарограммалар түсіндірілді және оларды талдау негізінде қалдықтар қоймасындағы ықтимал апаттардың сценарийлері жасалды, олардың ықтималдығы бағаланды, қорытындылар жасалды және ұсыныстар берілді.

Түйінді сөздер: қалдыққойма, георадар, георадиолокациялық әдіс, жағдайды зерттеу, геотехникалық құрылыс, инженерлік геология, профиль, мониторинг, топырақ, бөгет.

Georadar study of the tailings dump of Zhezkazgan processing plant №3 as a method for monitoring the state of hydraulic structures

Abstract. This article discusses the theoretical and practical foundations of the modern geo-radar method for studying the state of hydraulic structures (georadar studies), describes the principle of operation of georadar. The research was conducted for the tailings dump of the Zhezkazgan processing plant №3, which is located in Satpayev, Karaganda region. For research, the engineering and geological properties of the dam soils and the Foundation soils of the hydraulic structure were studied. According to the results of the research, there are various «weak» zones on all profiles, but one critical characteristic section is considered. Radarograms were interpreted in a special program and based on their analysis, scenarios of possible accidents at the tailing dump were developed, their probability was estimated, conclusions were drawn and recommendations were given.

Key words: tailings dump, ground penetrating radar, georadar method, state research, hydraulic structures, engineering geology, profile, monitoring, soil, dam.

Введение

Георадиолокационный метод изучения геологической среды (георадарное исследование) в инженерной геологии, несмотря на его давние теоретические разработки, является технологически новым методом. Принцип действия аппаратуры подповерхностного радиолокационного зондирования (георадара) основан на излучении сверхширокополосных (наносекундных) импульсов метрового и дециметрового диапазонов электромагнитных волн и приеме сигналов, отраженных от границ раздела слоев зондируемой среды, имеющих различные электрофизические

свойства. Такими границами раздела в исследуемых средах¹⁻⁴ являются, например, контакт между сухими и водонасыщенными породами – уровень грунтовых вод; между породами различного литологического состава; между породой и материалом искусственного сооружения; между мерзлыми и тальми грунтами; между коренными и осадочными породами и т. д.

Основными величинами, измеряемыми при георадарных исследованиях, являются время пробега электромагнитной волны от источника до отражающей границы и обратно до приемника, а также амплитуда

этого отражения. Принцип работы георадара⁵ показан на рис. 1.

Методы исследований

Геосканирование в настоящем исследовании проводилось с помощью георадара «Око-2». В результате сканирования получили радарограммы, обработка и интерпретация которых проводились с помощью специального программного приложения «GeoScan32» (рис. 2).

Определение диэлектрической проницаемости по видимым границам на георадарограмме. Для простоты рассмотрения предположим, что электромагнитное излучение падает по нормали к поверхности

¹Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. / Учебное пособие. – М.: МГУ, 2004. – 153 с.

²Изыюмов С.В., Дручинин С.В., Вознесенский А.С. Теория и методы георадиолокации. / Учеб. пособие. – М.: Горная книга, МГТУ, 2008. – 196 с.

³Harry M. Jol. Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. – Elsevier Science. – 2009. – 508 p.

⁴Daniels D.J. Ground penetrating radar. – London: The Institution of Electrical Engineers. – 2004. – 734 p.

⁵Рекомендации по проведению георадиолокационного обследования объектов промышленного и гражданского строительства [электронный ресурс]. – М.: ООО «Логические системы», 2008. URL: <http://www.logsys.ru/index.php?page=6>

песка в контейнере. Тогда диэлектрическая проницаемость может быть определена по кажущемуся положению верхней и нижней границ образца в трассе⁶.

Результаты расчета диэлектрической проницаемости для песка разной влажности приведены в табл. 1 совместно со значениями амплитуд в точках трасс радараграммы, соответствующих отражениям от верхней и нижней границ песка [1].

Для выявления в вертикальном геологическом разрезе разрывных нарушений, зон фильтрации, прослеживания их на глубину в пределах исследуемой площади были проведены георадарные исследования, электротомографическое профилирование. Всего было пройдено несколько треков по продольным и поперечным профилям и профиль электротомографии на полосе отвода в местах замачивания и просадок⁷.

Георадарное исследование дамбы хвостохранилища проводилось по его гребню, по склонам, по поперечной оси дамбы в местах вероятного размыва подземными водами, электротомографическое профилирование на полосе отвода – в зонах повышенной влажности с индикаторами (заросли камыша,

застойные лужи, наличие в каналах орошения воды) [2].

По результатам проведенных исследований установлено, что на всех профилях без исключения имеются зоны разрыхления, разуплотнения, проранов, просадок и нарушения целостности инженерно-геологических слоев вследствие замачивания тела дамбы хвостохранилища поверхностными водами, стоками технологических вод и подземными водами. В данной статье рассмотрим один критический участок⁸.

На рис. 3 изображен план расположения скважин, продольных и поперечных георадиолокационных профилей и профиль электротомографии. На данном участке представлен обширный исследовательский комплекс мероприятий:

- продольные георадарные профили;
- поперечные георадарные профили;
- электротомографический профиль с псевдозлектрическим разрезом;
- аэрофотосъемка с ортофотопланом.

На рис. 4 представлен ортофотоплан с дрона. Выявлены следующие очевидные недостатки и нарушения эксплуатации хвостохранилища:

- гребни 3, 4, 5 очереди заметны песчаными наносами с пляжа хвостохранилища, высота барханов

от 1 м до 2,5 м, местами сравнивается с вышестоящим гребнем дамбы хвостохранилища. Откосы повсеместно заметены песком и фактически дамба в поперечном разрезе представляет собой трапециевидную форму с равномерным уклоном к пионерской дамбе;

- гребни 3, 4 очереди не очищаются от песчаных наносов, непроходимы для транспорта, местами заросшие камышом и однолетними травами; они неравномерны по высотным отметкам, перепады высот варьируются от 0 м до проектной отметки 2,5 м; имеются 6 участков до 10 м с отсутствием откоса;

- гребень 3 очереди представлен равномерно заросшими травами и мелкими кустарниками; в местах примыкания ко 2 очереди повсеместно заросли камыша, ивы, крупного кустарника, имеются зоны увлажнения и выходы техногенных вод.

Продольный профиль 1 длиной 220 м был пройден георадаром «ОКО-2» от начала подъема на гребень дамбы (рис. 5).

Геоэлектрический разрез по профилю (рис. 6) подтверждает выявленные аномалии, а также зоны разуплотнения и выхода подземных вод, что также удостоверяется лабораторными анализами воды из скважин и архивными данными. Выявлена кривая депрессии на глубине 6-8 м, что подтверждено инженерно-геологическими изысканиями, с глубины 7,2 м произведен забор воды, по результатам лабораторных анализов характерной для подземных вод данного участка.

Результаты исследований

Определение риска аварии на дамбе хвостохранилища и возможные источники опасности. Анализ особенностей конструкции и компоновки хвостохранилищ, особенностей их эксплуатации, ремонта и реконструкции, природно-климатических характеристик района размещения дамбы хвостохранилища и социально-экономической структуры региона позволяет выделить

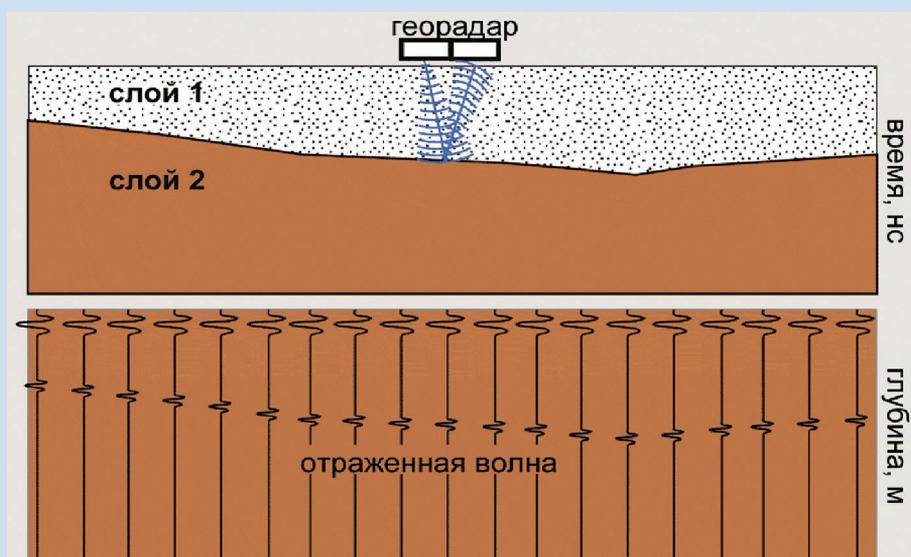


Рис. 1. Принцип работы георадара.

Сурет 1. Георадар жұмысының қағидасы.

Figure 1. Georadar's principle of operation.

⁶Владов М.Л., Золотарев В.П., Старовойтов А.В. Методическое руководство по проведению георадиолокационных исследований. – М.: GSD Production, 1997. – 66 с.

⁷Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных. – М.: МГУ, 2008. – 192 с.

⁸Гринев А.Ю., Темченко В.С., Багно Д.В. Радары подповерхностного зондирования. Мониторинг и диагностика сред и объектов. // Монография. – М.: Радиотехника. – 2013. – 392 с.

внешние факторы природного и техногенного характера, обуславливающие аварии, возможные на дамбе хвостохранилища:

- прохождение весеннего половодья 0,01% обеспеченности (особый расчетный случай для сооружений II класса);
- ветровое воздействие;
- наледенение верхового откоса дамбы хвостохранилища;
- механическое воздействие на откосы.

Причины внутреннего характера, которые могут привести к аварийной ситуации на дамбе хвостохранилища:

- отказ дренажа низового откоса дамбы хвостохранилища;
- контактная фильтрация в зоне примыкания к коллектору;

▪ нарушение фильтрационной прочности;

- износ геосинтетического материала обратного фильтра дренажа;
- деформация основания дамбы хвостохранилища;
- нарушение статической устойчивости.

Иные опасные природные и техногенные воздействия на сооружения не рассматриваются, поскольку:

- оползневые и селевые воздействия на дамбу хвостохранилища в районе размещения насосной станции крайне маловероятны;
- значительных изменений в климатических, ландшафтно-географических, топографических характеристиках территории за время эксплуатации не происходило.

Сценарии возможных аварий и повреждений на дамбе хвостохранилища в результате воздействия каждого источника опасности в отдельности и одновременно нескольких источников опасности. Перечисленные факторы могут инициировать аварии декларируемых гидротехнических сооружений дамбы хвостохранилища, развивающиеся по следующим сценариям.

Сценарий А1: отказ дамбы хвостохранилища с опорожнением. Отказ дамбы хвостохранилища происходит из-за нарушения фильтрационных особенностей грунтов в системе «плотина – основание» в примыкании к коллектору и/или потери статической устойчивости откосов дамбы хвостохранилища в меженный период при максимальном напоре на дамбу хвостохранилища. Происходит обрушение участка дамбы хвостохранилища в примыкании к паводковому водосбросу, образование прорана и гидродинамическая авария с опорожнением хвостохранилища и затоплением территории нижнего бьефа. При этом водосброс закрыт, персонал принимает своевременные меры по предотвращению образования прорана.

Сценарий А2: отказ дамбы хвостохранилища с опорожнением (две волны прорыва). Сценарий начинается и развивается так же, как и А1, авария происходит в меженный период. При аварии на намывной дамбе и опорожнении хвостохранилища для сохранения объема воды в хвостохранилище принимается решение о закрытии водосброса. Плотина переходит из безнапорного режима в напорный в условиях резкой сработки уровня нижнего бьефа, происходит подмыв основания в примыкании к коллектору, образование прорана в теле дамбы хвостохранилища, его опорожнение с образованием повторной волны разлива, поступающей в ложе вод хвостохранилища, а затем затапливающей территорию нижнего бьефа.

Сценарий А3: отказ паводкового водосброса с повышением уровня воды в хвостохранилище. При прохождении половодья 0,01%

Таблица 1
Диэлектрическая проницаемость и значения амплитуд в соответствующих точках трассы

Кесте 1
Трассаның тиісті нүктелеріндегі диэлектрлік тұрақты және амплитуда мәндері

Table 1
Permittivity and values of amplitudes at the corresponding points of the route

ω, %	Эпсилон среды, ε	см/нс	см/нс	см/нс	см/нс
0	3,1	30	157	3924	6391
2	3,9	31	172	5255	943
4	4,5	33	186	5494	344
6	6,8	39	226	6238	177
8	8,1	38	243	7289	191
10	10,7	39	274	8006	250

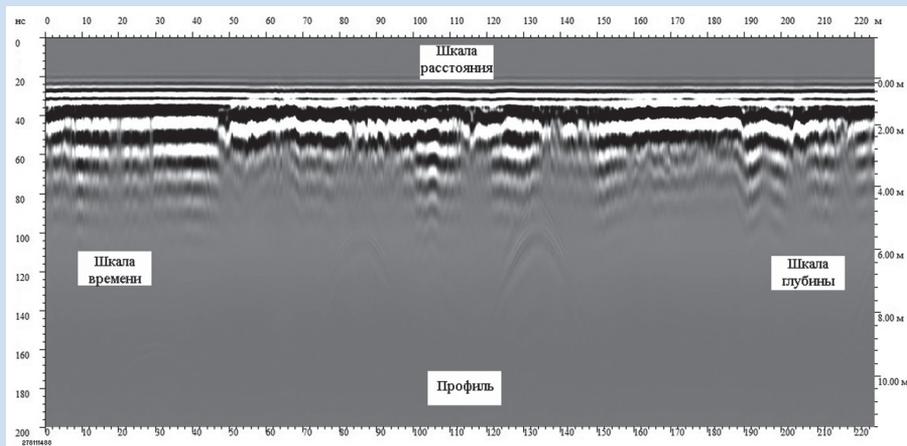


Рис. 2. Часть радарограммы по треку, загруженная для обработки и интерпретации в приложении «GeoScan32».

Сурет 2. «GeoScan32» қосымшасына өңдеу және түсіндіру үшін жүктелген трек бойынша радарограмманың бөлігі.

Figure 2. Part of the track radarogram uploaded to the «GeoScan32» app for processing and interpretation.

Таблица 2

Матрица «частота – тяжесть последствий» для ранжирования возможных сценариев возникновения и развития аварий дамбы хвостохранилища

Кесте 2

Қалдық қоймасы бөгетінің аварияларының туындауы мен дамуының ықтимал сценарийлерін саралау үшін «жиілік – салдарлардың ауырлығы» матрицасы

Table 2

«Frequency – severity of consequences» matrix for ranking possible scenarios of occurrence and development of tailings dam accidents

Вероятность аварии	Среднегодовая частота, 1/год	Последствия аварии на дамбе хвостохранилища				
		несущественные	малые	средние	значительные	катастрофические
Почти несомненна	> 1	B	B	A	A	A
Весьма возможна	1-10 ⁻²	C	B	B	A	A
Вероятна	(10 ⁻²)-(10 ⁻⁴)	D	C	B	A	A
Маловероятна	(10 ⁻⁴)-(10 ⁻⁶)	D	D	C	B	A
Редко	< 10 ⁻⁶	D	D	C	B	B

Таблица 3

Матрица качественной оценки последствий возможных аварий на дамбы хвостохранилища

Кесте 3

Қалдық қоймасының бөгеттеріне ықтимал апаттардың салдарын сапалы бағалау матрицасы

Table 3

Matrix for qualitative assessment of the consequences of possible accidents on tailing dams

Сценарий аварии	Вероятность аварии	Тяжесть последствий возможных аварий		
		материальные	социальные	экологические
A1	маловероятен	значительные	значительные	значительные
A2	крайне маловероятен	катастрофические	значительные	катастрофические
A3	вероятен	несущественные	несущественные	несущественные
A4	наиболее вероятен	несущественные	несущественные	малые
A5	маловероятен	несущественные	несущественные	несущественные

обеспеченности происходит перекоп паводкового водосброса, что может привести к подъему уровня воды в хвостохранилище выше отметки номинального подпорного уровня. В соответствии с «Планом ликвидации аварий на гидротехнических сооружениях» в этом случае открываются все рабочие затворы, а при невозможности выполнить ремонт затворов в кратчайшие сроки сломанный основной затвор вырезается и убирается из пролета. Таким образом, паводковый водосброс с пропускной способностью 25 м³/с с запасом пропустит расход весеннего половодья 0,01% обеспеченности 30 м³/с (насос имеет параметры 1250 м³/ч).

Сценарий А4: отказ паводкового водосброса хвостохранилища со сбросными расходами. При открытых затворах происходит отказ механического оборудования на их закрытие. В данном случае сбросные расходы сопоставимы

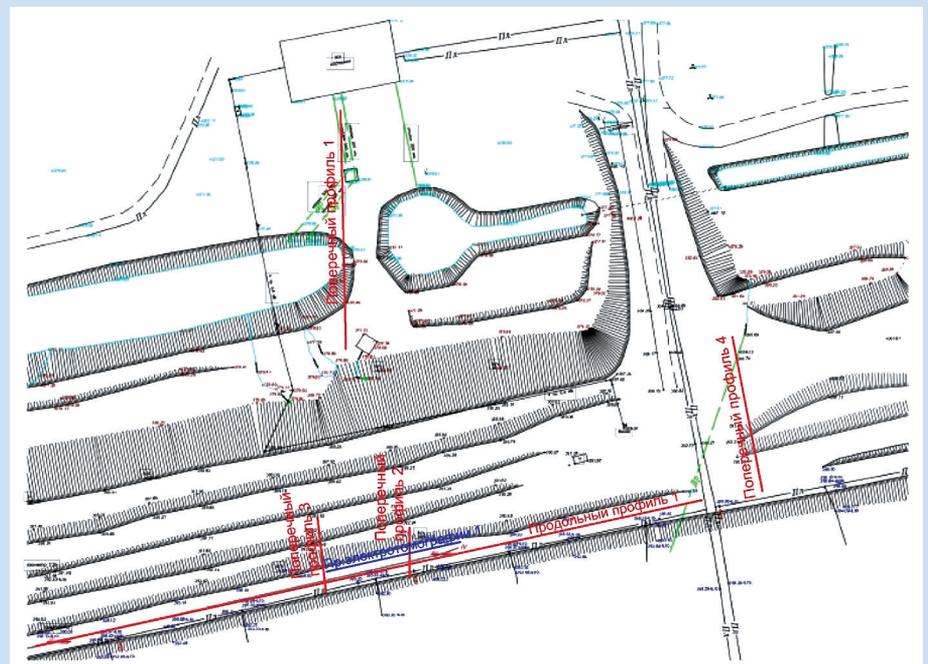


Рис. 3. План расположения георадарных профилей и профиля электротомографии.

Сурет 3. Георадар профилдері мен электротомография профілінің орналасу жоспары.

Figure 3. The layout of georadar's profiles and electrical tomography profile.

с максимальными сбросными расходами весеннего половодья, пропускаемыми через паводковый водосброс, и аварийного затопления в нижнем бьефе не произойдет.

Сценарий А5: отказ водосброса через насосную станцию (уменьшение пропускной способности). При прохождении половодья 0,01% обеспеченности перекрывается водосброс. Пропускной способности насосной станции (25 м³/с) достаточно для пропуска половодья 0,01% обеспеченности, равного 30 м³/с.

Расчет значения степени опасности (вероятности) для каждого возможного сценария аварий и повреждений.

Обозначения уровней риска аварий: А – высокий; В – существенный; С – средний; D – низкий.

На основе перечня вероятных сценариев аварий, возможных на дамбе хвостохранилища, ниже приводятся ранжирование основных сценариев по уровню опасности для персонала, населения, имущества и окружающей среды, выполненное на качественном уровне с применением матрицы «частота – тяжесть последствий». Цель ранжирования – определить, какие элементы и конструкции исследуемых сооружений и воздействий на них наиболее опасны с точки зрения безопасности сооружения.

Проведенная экспертная оценка позволила ранжировать указанные сценарии следующим образом:

- сценарий А1 – маловероятен;
- сценарий А2 – крайне маловероятен;
- сценарий А3 – вероятен;
- сценарий А4 – наиболее вероятен;
- сценарий А5 – маловероятен.

Матрица качественной оценки последствий возможных аварий на дамбе хвостохранилища приведена в табл. 3. Возможные последствия неблагоприятных событий ранжируются как незначительные, малые, значительные и катастрофические. Наиболее опасным по уровню материальных, социальных и экологических последствий является сценарий А2, оцененный по вероятности возникновения как крайне маловероятный.

Выводы и рекомендации

При инструментальных наблюдениях необходимо производить:

- 1) ежемесячную проверку привязки нуля водомерной рейки;
- 2) периодический геодезический (маркшейдерский) контроль над осадками и смещениями в

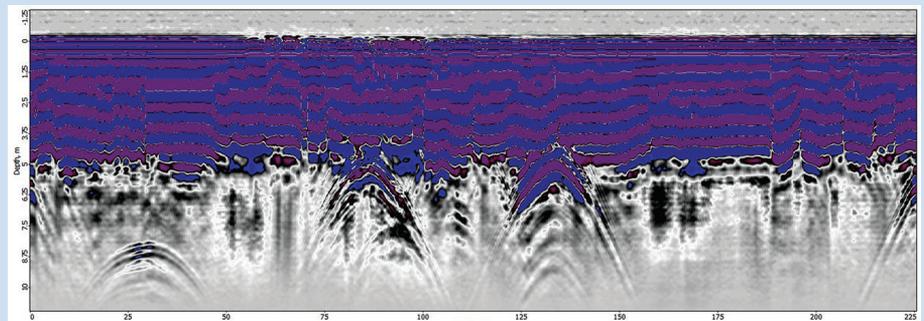
дамбе, а также за геометрическими параметрами дамбы;

- 3) измерения наложения уровня фильтрационных вод в теле и уровня подземных вод в основании дамбы;

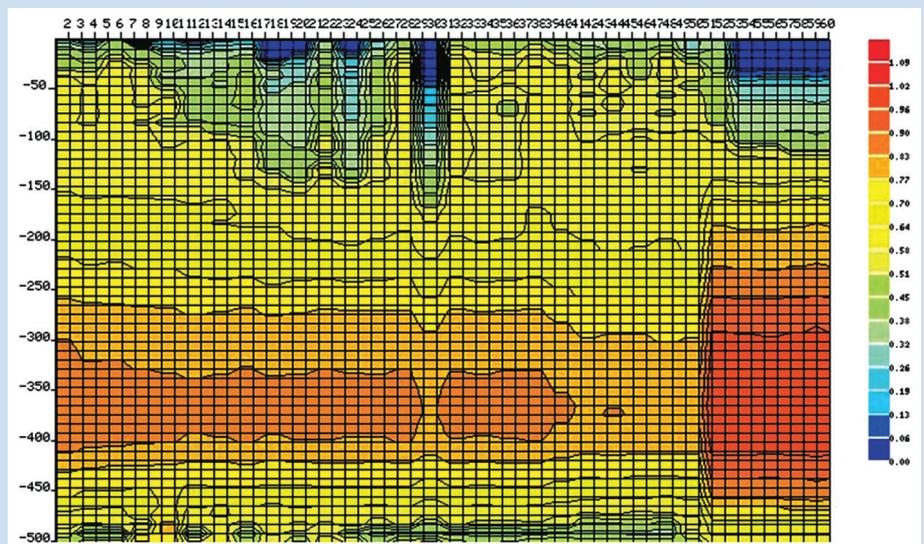
Раз в квартал необходимо проводить инструментальные наблюдения специализированными



**Рис. 4. Ортофотоплан к рис. 3.
Сурет 4. 3-суретке ортофотоплан.
Figure 4. Orthophotoplan to figure 3.**



**Рис. 5. Продольный профиль 1 (георадарограмма).
Сурет 5. Бойлық профиль 1 (георадарограмма).
Figure 5. Longitudinal profile 1 (georadarogramm).**



**Рис. 6. Геоэлектрический разрез по продольному профилю электротомографии.
Сурет 6. Электротомографияның бойлық профілі бойынша геоэлектрлік кима.
Figure 6. Geoelectric section along the longitudinal profile of electrotomography.**

службами, которые сравнивают измеренные величины с заданными в проекте параметрами и критериями безопасной эксплуатации сооружения и немедленно передают данные в подразделение, эксплуатирующее хвостохранилище. По результатам наблюдений устраняются выявленные отступления от проекта.

Наблюдениями за фильтрационным режимом и поровым давлением на дамбе, где это предусмотрено проектом, устанавливается:

1) положение уровня воды в теле и основании пионерской дамбы и в их береговых примыканиях;

2) пьезометрические напоры в основании дамбы, в сопряжениях с береговыми и встроенными сооружениями;

3) величины фильтрационных расходов на дренажных линиях, выпусках из дренажа и дренажных коллекторов;

4) высота входа фильтрационного потока в дренажные устройства или выхода его на откосы пионерских дамб;

5) скорость течения и вынос грунта фильтрационным потоком;

6) химический состав и мутность фильтрационных вод;

7) уровни грунтовых вод и их химический состав на прилегающей к хвостохранилищу территории;

8) величина порового давления в водоупорных элементах дамбы, их глинистых основаниях и в теле упорной призмы.

Предложенная методика мониторинга за состоянием гидротехнических сооружений георадарными исследованиями должна использоваться комплексно с другими методами для безопасной эксплуатации хвостохранилища, более точной оценки его состояния с применением мер и сведения возможных аварий к минимуму.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ozcan N.T., Ulusay R., Isik N.S. Исследование геотехнической характеристики и устойчивости нижнего склона хвостохранилища с целью повышения его вместимости (Турция). // Экологические науки о Земле. – Берлин, 2012. – С. 1871-1890. (на английском языке)
2. Калашник А.И., Дьяков А.Ю., Абрамов Н.Н. Комплексирование георадарного и сейсмического зондирования хвостохранилища. // Известия высших учебных заведений. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2018. – С. 104-111. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ozcan N.T., Ulusay R., Isik N.S. Оның сыйымдылығын арттыру мақсатында қалдық қоймасының төменгі беткейінің геотехникалық сипаттамасы мен тұрақтылығын зерттеу (Түркия). // Жер туралы экологиялық ғылымдар. – Берлин, 2012. – Б. 1871-1890. (ағылшын тілінде)
2. Калашник А.И., Дьяков А.Ю., Абрамов Н.Н. Қалдық қоймасын георадарлық және сейсмикалық зондтау кешені. // Жоғары оқу орындарының жаңалықтары. – Екатеринбург: Орал мемлекеттік тау-кен университеті, 2018. – Б. 104-111. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Ozcan N.T., Ulusay R., Isik N.S. A study on geotechnical characterization and stability of downstream slope of a tailings dam to improve its storage capacity (Turkey). // Environmental Earth Sciences. – Berlin, 2012. – P. 1871-1890. (in English)
2. Kalashnik A.I., Dyakov A.Yu., Abramov N.N. Integration of georadar and seismic sounding of the tailing dump. // News of higher educational institutions. – Yekaterinburg: Ural State Mining University, 2018. – P. 104-111. (in Russian)

Сведения об авторах:

Рыжков С.О., магистр техн. наук, PhD докторант кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), ice2@inbox.ru
Портнов В.С., д-р техн. наук, профессор кафедры «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет» (г. Караганда, Казахстан), vs_portnov@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Рыжков С.О., «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғам «Геология және пайдалы қазба кенорнын барлау» кафедрасының PhD докторанты, техника ғылымдарының магистрі (Қарағанды қ., Қазақстан), ice2@inbox.ru
Портнов В.С., «Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғам «Геология және пайдалы қазба кенорнын барлау» кафедрасының профессоры, техника ғылымдарының докторы (Қарағанды қ., Қазақстан), vs_portnov@mail.ru

Information about the authors:

Ryzhkov S.O., Master of Technical Sciences, PhD Doctoral Student at the Department «Geology and Exploration of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), ice2@inbox.ru
Portnov V.S., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department «Geology and Exploration of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint-Stock Company «Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan), vs_portnov@mail.ru



ГЕОКАЛИНИНГРАД-2021

Нефтегазовая, рудная геология и геофизика

научно-практическая конференция

Прием докладов до 10 марта 2021 г.



**Организатор:
ООО «ГеоЕвразия»**

**г. Калининград
26-30 апреля 2021
www.geoearu.com**

Код МРНТИ 52.13.21:52.01.77

Ю.Д. Норов, И.Т. Мислибаев, А.Ю. Норов

Навоийский государственный горный институт (г. Навои, Узбекистан)

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОТЫ И ШИРИНЫ РАЗВАЛА ПОРОД ВЗРЫВАМИ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ НА НЕУБРАННУЮ ГОРНУЮ МАССУ В РАЗЛИЧНЫХ ПОРОДАХ МЕТОДОМ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье определены физические и физико-механические свойства исследуемых горных пород. Установлены максимальные значения высоты и ширины развала взорванных горных пород скважинными зарядами взрывчатых веществ на неубранную горную массу, в зависимости от ширины подпорной стенки, трапециевидной, сегментной, треугольной формы сечения в весьма трудновзрываеваемых, трудно- и средневзрываеваемых породах. Полученные закономерности характеризуются зависимостью параболического типа. Приведены условия взрывания скважинного заряда ВВ на основе принципа геометрического подобия, обеспечивающие подобие результатов взрывов в натуре и на модели. Установлено, что с увеличением расстояния от первого ряда взорванных скважинных зарядов высота развала снижается.

Ключевые слова: подпорная стенка, ширина, развал, взрыв, уступ, сопротивление, вещества, форма сечения.

Физикалық модельдеу әдісімен жарылғыштығы бойынша әр түрлі жыныстардағы олардың ені мен формасынан тазартылмаған тау массасына ұңғымалық зарядтардың жарылыстарымен жыныстардың биіктігі мен енін зерттеу

Андапта. Мақалала зерттелетін тау жыныстарының физикалық және физикалық-механикалық қасиеттері анықталған. Жарылғыш заттардың ұңғымалық зарядтарымен жарылмаған тау массасына жарылған тау жыныстарының биіктігі мен енінің максималды мәні, өте қиын, қиын және орташа жарылатын жыныстардағы қиманың трапеция тәрізді, сегменттік, үшбұрышты формасына байланысты. Алынған заңдылықтар параболалық типке тәуелділікпен сипатталады. Табиғи және модельдегі жарылыстар нәтижелерінің ұқсастығын қамтамасыз ететін геометриялық ұқсастық принципі негізінде ұңғымалық жарылғыш зарядтың жарылу шарттары келтірілген. Жарылған ұңғымалық зарядтардың бірінші қатарынан қашықтықтың ұлғаюымен құлау биіктігі төмендейтіні анықталды.

Түйінді сөздер: тіреу қабырғалары, ені, құлауы, жарылуы, кемері, кедегісі, заттар, қима пішіні.

Investigation of the height and width of the collapse of rocks by explosions of borehole charges on the uncollected rock mass from their width and shape in various rocks by the method of physical modeling

Abstract. The article defines the physical and physical-mechanical properties of the studied rocks. The maximum values of the height and width of the collapse of blasted rocks by borehole explosive charges on the uncollected rock mass, depending on the width of the retaining wall, trapezoidal, segmental, triangular cross-section in very hard-to-explode, hard-to-and medium-explosive rocks, are established. The obtained regularities are characterized by a parabolic type dependence. The conditions for blasting a downhole explosive charge based on the principle of geometric similarity are given, which ensure the similarity of the results of explosions in nature and on the model. It was found that the height of the collapse decreases with increasing distance from the first row of blasted borehole charges.

Key words: retaining wall, width, collapse, explosion, ledge, resistance, substance, trapezoid, triangular, segmental.

Условия геометрического подобия

Постановка смешанной задачи теории упругости определяется полной замкнутой системой управления¹⁻⁴ [1-8]. На основе теоретических положений, изложенных в работах^{1,2} [1], высоту и ширину развала взорванной горной массы взрывами скважинных зарядов на неубранную горную массу в зависимости от ширины и формы в различных породах по взрываемости в соответствии с теорией подобия определяют с помощью выражения:

$$F_i(a/d, b/d, l/d, W/d, H/d, Q/d, L_n/d, \sigma_{сж}, \sigma_{раст}, \rho, q) = 0,$$

где a – расстояние между скважинными зарядами в ряду;

d – диаметр скважины;

b – расстояние между рядами;

l – глубина скважины;

W – линия сопротивления по подошве уступа (СПП);

H – высота уступа;

Q – масса заряда ВВ;

L – ширина взрываемого блока;

L_n – ширина стенки из неубранной взорванной горной массы;

$\sigma_{сж}$ – прочность пород на сжатие;

$\sigma_{раст}$ – прочность пород на растяжение;

ρ, q – соответственно, плотность взрываемого массива и удельный расход скважинных зарядов ВВ.

В модельных экспериментах параметры $\sigma_{сж}, \sigma_{раст}, \rho, q$ не изменялись, поэтому в расчетах они не участвовали.

В основу был положен принцип геометрического подобия, который при идентичности условий взрывания скважинного заряда ВВ обеспечивает подобие результатов взрывов в натуре и на модели:

▪ условие равенства приведенного расстояния между скважинными зарядами ВВ в ряду в натуре и на модели:

$$a^n = a^n/d^n = \bar{a}^n = a^n/d^n;$$

▪ условие равенства приведенного расстояния между рядами скважинных зарядов ВВ в натуре и на модели:

$$\bar{b}^n = b^n/d^n = \bar{b}^n = b^n/d^n;$$

▪ условие равенства приведенной глубины скважинного заряда ВВ в натуре и на модели:

$$\bar{l}^n = l^n/d^n = \bar{l}^n = l^n/d^n;$$

▪ условие равенства приведенной СПП в натуре и на модели:

$$\bar{W}^n = W^n/d^n = \bar{W}^n = W^n/d^n;$$

▪ условие равенства приведенной ширины взрываемого блока в натуре и на модели:

$$\bar{L}^n = L^n/d^n = \bar{L}^n = L^n/d^n;$$

¹Илюшин А.А. Механика сплошной среды. – М.: МГУ, 1990. – Изд. 3. – 310 с.

²Заиров Ш.Ш., Уринов Ш.Р., Рашиданова М.Х. Обеспечение устойчивости бортов карьеров при ведении взрывных работ: монография. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. – 175 с.

³Ивановский Д.С., Насиров У.Ф., Заиров Ш.Ш., Уринов Ш.Р. Перемещение разнопрочных горных пород энергией взрыва: монография. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. – 116 с.

⁴Zairov Sh.Sh., Urinov Sh.R., Tukhtashev A.B. and Borovkov Yu.A. Laboratory study of parameters of contour blasting in the formation of slopes of the sides of the career: Technical science and innovation. – 2020. – Iss. 3. – Article 14.

Таблица 1

Физико-механические свойства и классификации горных пород карьера Мурунтау по их взрываемости
Кесте 1

Мурунтау қарьерінің жарылғыштығы бойынша тау жыныстарының физикалық-механикалық қасиеттері мен жіктелуі

Table 1

Physical and mechanical properties and classification of rocks of the Muruntau quarry by their explosivity

Наименование горных пород	Сланцы углисто-слюдистые, сланцы кварц-слюдистые с прослойками углистых сланцев	Сланцы кварц-слюдистые, метасоматически измененные, алевролиты	Сланцы кварц-слюдистые, метасоматически измененные, алевролиты углеродистые	Кварцы, роговики, алевролиты окварцованные, переслаивание алевролитов, углисто-слюдистых и слюдисто-кварцевых сланцев
Прочность, МПа,				
▪ на сжатие	70-90	90-110	110-130	> 130
▪ на растяжение	5,5-7,2	6,8-7,8	7,5-9,2	8,4-10,6
▪ на сдвиг	11,3-12,4	12,3-13,2	13,0-16,2	15,2-17,0
Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова f	6-8	8-10	10-12	> 12
Скорость волн, км/с				
▪ продольных	2,8-4,7	3,7-5,4	4,7-5,8	5,1-5,9
▪ поперечных	1,7-2,8	2,2-3,1	2,65-3,2	3,10-3,45
Коэффициент Пуассона	0,22	0,24	0,27	0,29
Модуль Юнга, 10^4 МПа	0,3	3,2	4,6	4,65
Категория горных пород по взрываемости	I легковзрываемые	II средневзрываемые	III трудновзрываемые	IV весьма трудновзрываемые

Примечание: плотность пород составляет 2,65-2,70 т/м³

▪ условие равенства приведенной ширины подпорной стенки из необработанной горной массы в натуре и на модели:

$$\bar{L}_n^u = L_n^u/d^n = \bar{L}_m^m = L_m^m/d^m;$$

▪ условия равенства приведенной высоты уступа в натуре и на модели:

$$\bar{H}_n^u = H_n^u/d^n = \bar{H}_m^m = H_m^m/d^m;$$

где $\bar{a}^u, \bar{a}^m, \bar{b}^u, \bar{b}^m, \bar{l}^u, \bar{l}^m, \bar{W}^u, \bar{W}^m, \bar{L}^u, \bar{L}^m, \bar{L}_n^u, \bar{L}_m^m, \bar{H}_n^u, \bar{H}_m^m, d^u, d^m$ – соответственно, приведенные расстояния между скважинными зарядами в ряду, расстояния между рядами скважинных зарядов ВВ, глубины скважинного заряда, СПП, ширина взрываемого блока, ширина подпорной стенки из необработанной взорванной горной массы, высота уступа и диаметр скважины в натуре и в модели.

Полученная система критериев подобия позволяет моделировать различные задачи механики упруго-деформируемых тел.

В случае, когда источник возмущения и импульс, распространявшийся в среде, полностью смоделированы, переход от расстояния между скважинными зарядами в натуре и в модели осуществляется по уравнению:

$$a^n = (d^n/d^m) \times a^m.$$

При переходе от модели к натуре расстояние между рядами скважинных зарядов ВВ, глубину скважинного заряда, СПП определяют по уравнениям:

$$b^n = (d^n/d^m) \times b^m.$$

$$l^n = (d^n/d^m) \times l^m.$$

$$W^n = (d^n/d^m) \times W^m.$$

Соответственно, при переходе от модели к натуре ширину взрываемого блока, ширину подпорной стенки из необработанной взорванной горной массы и высоту уступа определяют по уравнениям:

$$L^n = (d^n/d^m) \times L^m, м.$$

$$L_n^u = (d^n/d^m) \times L_n^m, м.$$

$$H^n = (d^n/d^m) \times H^m, м.$$

Методика моделирования

Моделирование размеров развала взорванной горной массы взрывами скважинных зарядов ВВ с использованием необработанной горной массы в различных формах проводилось на карьере Мурунтау Центрального рудоправления Навоийского горно-металлургического комбината с 2014-2019 гг. В основу было положено физическое моделирование развала взорванной горной массы скважинными зарядами ВВ, регулируемой использованием необработанной горной массы трапециевидной, треугольной и сегментной форм. С помощью известных методов^{3, 4} [2-8] определены физические и физико-механические свойства исследуемых горных пород, результаты которых приведены в табл. 1.

Техника проведения экспериментов

Экспериментальные исследования проводились следующим образом. Масштаб моделирования, которое проводилось в 3 этапа, был принят 1:7.

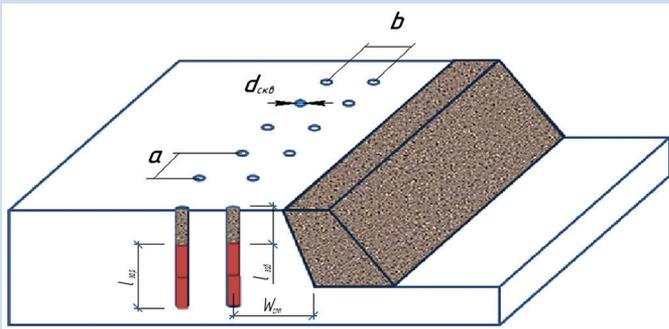


Рис. 1. Схема взрыва скважинных зарядов на необранную горную массу трапециевидной формы методом физического моделирования.
Сурет 1. Физикалық модельдеу әдісімен трапеция тәрізді форманың жиналмаған тау массасына ұңғымалық зарядтардың жарылыс схемасы.
Figure 1. Diagram of the explosion of borehole charges on an uncollected rock mass of trapezoidal shape by physical modeling.

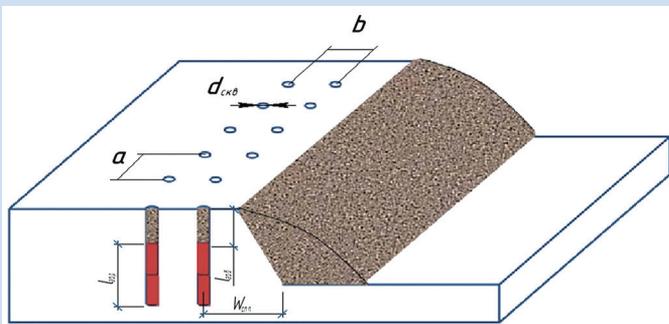


Рис. 2. Схема взрыва скважинных зарядов на необранную горную массу сегментной формы методом физического моделирования.
Сурет 2. Физикалық модельдеу әдісімен сегменттік форманың жиналмаған тау массасына ұңғымалық зарядтардың жарылыс схемасы.
Figure 2. Diagram of the explosion of borehole charges on an uncollected rock mass of segmented shape by physical modeling.

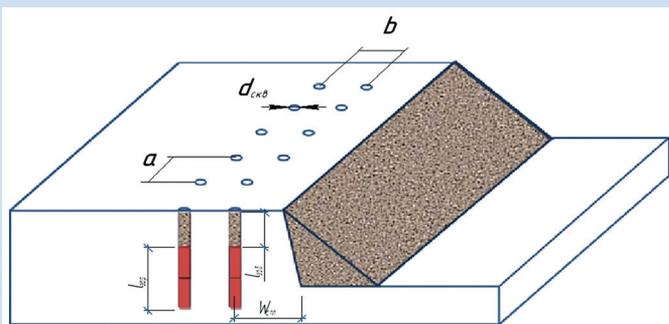


Рис. 3. Схема взрыва скважинных зарядов на необранную горную массу треугольной формы методом физического моделирования.
Сурет 3. Физикалық модельдеу әдісімен үшбұрышты пішінді жиналмаған тау массасына ұңғымалық зарядтардың жарылыс схемасы.
Figure 3. Diagram of the explosion of borehole charges on an uncollected rock mass of triangular shape by physical modeling.

На первом этапе из развала взорванной горной массы ранее произведенных взрывных работ укладывали подошву трапециевидной формы высотой, равной высоте уступа, шириной 10 м, 20 м, 30 м и 40 м по нижнему торцу уступа (рис. 1-3). Расстояния между скважинными зарядами в ряду и между рядами были приняты равными 7 м. Глубина скважин с учетом перебура составляла 22 м. Бурение шпуров диаметром 36 мм производилось перфоратором марки ПР-19, зарядание – нобилетом (в мешках) с удельным расходом 0,6 кг/м³; 0,8 кг/м³ и 0,94-1,05 кг/м³, соответственно, для средне-, трудно- и весьма трудновзрываемых пород. Забойка шпуровых зарядов производилась буровой мелочью после бурения шпуров. Взрывание шпуровых зарядов осуществлялось с применением электродетонаторов мгновенного действия марки ЭД-8Ж и взрывной машинки КПМ-1А.

Обработка результатов полигонных экспериментальных исследований высоты и ширины развала пород взрывающимися скважинными зарядами на необранную горную массу в зависимости от их ширины и формы в различных породах по взрываемости методом физического моделирования проводилась по методикам^{3,4} [2-8]. Необходимое число экспериментов устанавливалось статистическим путем с учетом величины коэффициента вариации, допустимых ошибок и задаваемой надежности P :

$$n = t^2 \times (K_{\text{взр}}^2 / K_{\text{дон}}^2),$$

где t – нормированное отклонение, зависящее от задаваемой надежности P ;

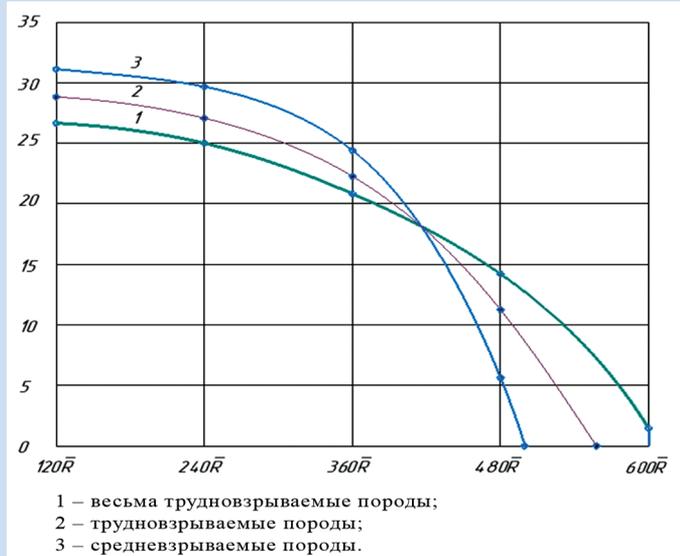


Рис. 4. Изменение высоты и ширины развала пород скважинными зарядами на необранную горную массу трапециевидной формы шириной 40 м в различных по взрываемости породах.

Сурет 4. Жарылғыштығы әртүрлі жыныстарда олардың трапеция тәрізді пішініне және ені 40 м-ге байланысты ұңғымалық зарядтармен жыныстардың құлау биіктігі мен енінің жиналмаған тау массасына өзгеруі.

Figure 4. Change in the height and width of the collapse of rocks by borehole charges on the uncollected rock mass, depending on their trapezoidal shape and width of 40 m in different explosive rocks.

$K_{вар}$ – коэффициент вариации;
 $K_{доп}$ – коэффициент допустимой ошибки.

Для научно-исследовательских работ рекомендуются значения при задаваемой надежности $P = 0,9$; $K_{доп} = 5-10\%$; $K_{вар}$ устанавливается путем статистической обработки экспериментальных данных:

$$K_{вар} = \sigma/M \times 100\%,$$

где σ – среднее квадратичное отклонение;

M – математическое ожидание результатов измерения, которое определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{[\sum(X_i - M)^2]/(n - 1)}, \quad M = \sum X_i/n,$$

где X_i – отдельные результаты измерения;

n – число экспериментов.

При значениях коэффициента вариации, лежащих в пределах $K_{доп} = 5-10\%$, получено число экспериментов для каждой точки наблюдения $n = 4-5$.

На рис. 4 приведено изменение высоты и ширины развала пород скважинными зарядами на неубранную горную массу для трапециевидной формы подпорной стенки шириной 40 м в различных по взрываемости горных породах. Исследованиями установлено, что максимальная высота развала взорванных горных пород составляет 32 м, 28 м и 27 м, соответственно, для пород: средне-, трудно- и весьма трудно взрывааемых. С увеличением расстояния от последнего ряда взорванных скважинных зарядов высота развала снижается. На расстоянии последнего ряда взорванных скважинных зарядов, равном $360\bar{R}$ (\bar{R} – приведенное расстояние в зависимости от радиуса скважины), высота развала

равна 25 м, 22 м и 21 м, соответственно, для средне-, трудно- и весьма трудно взрывааемых пород. На расстоянии последнего ряда взорванных скважинных зарядов, равном $410\bar{R}$, высота развала взорванной горной массы принимает одинаковую отметку 18 м.

Исследованиями установлены значения ширины развала взорванных горных пород взрывами скважинных зарядов на неубранную горную массу в зависимости от трапециевидной формы шириной 40 м в различных по взрываемости горных породах: $500\bar{R}$, $550\bar{R}$ и $610\bar{R}$, соответственно, для пород: средне-, трудно- и весьма трудно взрывааемых. На рис. 5 приведено изменение высоты и ширины развала пород скважинными зарядами на неубранную горную массу относительно их трапециевидной формы в весьма трудно взрывааемых породах в зависимости от ширины подпорной стенки, равной 10 м, 20 м, 30 м и 40 м.

Экспериментально установлено, что максимальная высота развала взорванных горных пород составляет 32 м, 28 м, 26 м и 24 м для весьма трудно взрывааемых пород в зависимости от ширины подпорной стенки, равной 40 м, 30 м, 20 м и 10 м. С увеличением расстояния от первого ряда взорванных скважинных зарядов высота развала снижается. На расстоянии последнего ряда взорванных скважинных зарядов, равном $410\bar{R}$, высота развала принимает одинаковую отметку 18 м для исследованных типов горных пород.

Исследованиями также установлены значения ширины развала взорванных горных пород взрывами

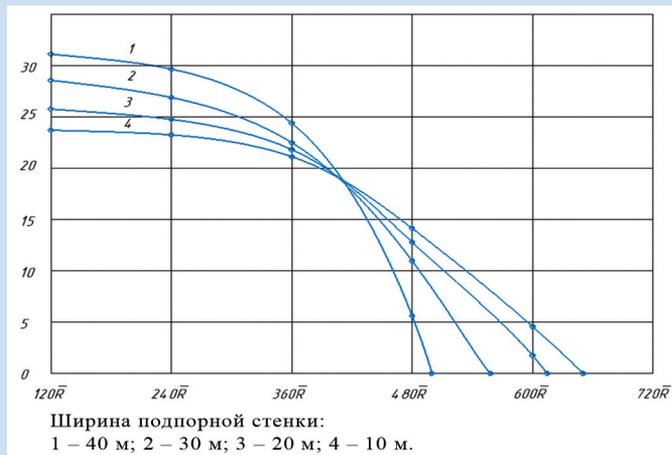


Рис. 5. Изменение высоты и ширины развала пород скважинными зарядами на неубранную горную массу трапециевидной формы в весьма трудно взрывааемых породах в зависимости от ширины подпорной стенки.

Сурет 5. Тау жыныстарының құлау биіктігі мен енінің ұңғымалық зарядтармен олардың трапеция тәрізді пішініне қатысты жиналмаған тау массасына өзгеруі өте қиын жарылатын жыныстарда тірек қабырғасының еніне байланысты.

Figure 5. Change in the height and width of the collapse of rocks by borehole charges on the uncollected rock mass relative to their trapezoidal shape in very difficult to explode rocks, depending on the width of the retaining wall.

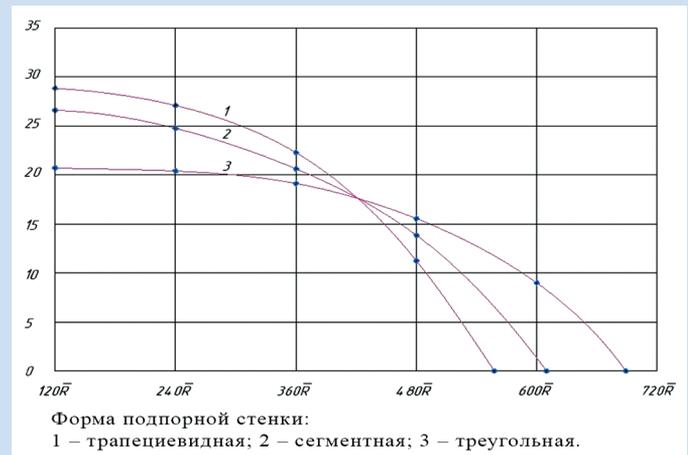


Рис. 6. Изменение высоты и ширины развала пород скважинными зарядами на неубранную горную массу в трудно взрывааемых породах (ширина подпорной стенки 40 м) в зависимости от формы подпорной стенки.

Сурет 6. Қиын жарылатын жыныстардағы (тіреуіш қабырғасының ені 40 м) жиналмаған тау массасына және олардың тіреуіш қабырғасының пішіні бойынша ұңғымалық зарядтармен жыныстар құлауының биіктігі мен енінің өзгеруі.

Figure 6. Changes in the height and width of the collapse of rocks by borehole charges on the uncollected rock mass in hard-to-explode rocks (40 m wide retaining wall) and their shape of the retaining wall.

скважинных зарядов на необработанную горную массу в зависимости от трапециевидной формы шириной 40 м, 30 м, 20 м и 10 м в весьма трудно взрывающихся породах.

Исследованиями также установлены ширины развала взорванных горных пород скважинными зарядами на необработанную горную массу, относительно их трапециевидной формы в весьма трудно взрывающихся породах в зависимости от ширины подпорной стенки 10 м, 20 м, 30 м и 40 м.

Полученные зависимости показывают, что с увеличением приведенного расстояния от первого ряда взрывающихся скважинных зарядов расстояния $500\bar{R}$, $560\bar{R}$, $610\bar{R}$ и $650\bar{R}$ соответствуют ширине подпорной стенки, равной 40 м, 30 м, 20 м и 10 м.

На рис. 6 приведено изменение высоты и ширины развала пород скважинными зарядами на необработанную горную массу в трудно взрывающихся породах (ширина подпорной стенки 40 м) в зависимости от формы: трапециевидной, сегментной и треугольной.

Исследованиями установлено, что высота развала взорванных пород скважинными зарядами на необработанную горную массу в трудно взрывающихся породах увеличивается и составляет 21 м, 26 м и 28 м

для подпорной стенки, соответственно, треугольной, сегментной и трапециевидной форм. С увеличением приведенного расстояния от первого ряда взорванных скважинных зарядов до $410\bar{R}$ высота развала принимает одинаковую отметку, равную 18 м, для исследованных типов горных пород.

Исследованиями также установлены значения ширины развала взорванных горных пород скважинными зарядами на необработанную горную массу, в зависимости от формы, в трудно взрывающихся породах (ширина подпорной стенки 40 м).

Установлены значения ширины развала взорванных горных пород, равные $550\bar{R}$, $610\bar{R}$ и $700\bar{R}$, соответственно, для трапециевидной, сегментной и треугольной форм подпорной стенки.

Заключение

Установлена максимальная высота и ширина развала взорванных горных пород скважинными зарядами ВВ на необработанную горную массу, в зависимости от ширины подпорной стенки, формы сечения в весьма трудно взрывающихся, трудно- и средневзрывающихся породах. Полученные закономерности характеризуются зависимостью параболического типа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гильман Я. Динамика дислокаций и реакция материалов. // Прикладная механика. Обзорение. – 1968. – Т. 21. – №8. – С. 767-783. (на английском языке)
2. Заиров Ш.Ш., Махмудов Д.Р., Уринов Ш.Р. Теоретические и экспериментальные исследования взрывного разрыва горных пород с отвалами различной геометрии. // Горный журнал. – 2018. – №9. – С. 46-50. (на английском языке)
3. Уринов Ш.Р., Саидова Л.Ш. Теоретические исследования влияния параметров глубоких карьеров на выбор технологических схем транспортирования горной массы. // Полупроводниковая технология. – 2020. – Т. 63. – Вып. 6. – С. 429-433. (на английском языке)
4. Заиров Ш.Ш., Уринов Ш.Р., Тухташев А.Б. Теоретическое обоснование методов оценки устойчивости откосов трещиноватых пород. // ТЕСНика – Нукус, 2020. – №2. – С. 50-55. (на русском языке)
5. Тухташев А.Б., Уринов Ш.Р., Заиров Ш.Ш. Разработка метода формирования конструкции и расчета устойчивости бортов глубоких карьеров. // ТЕСНика. – Нукус, 2020. – №2. – С. 56-58. (на русском языке)
6. Уринов Ш.Р. Теоретическая и экспериментальная оценка метода контурного взрыва при подготовке откосов в карьерах. // JournalNX. – 2020. – Т. 6. – Вып. 11. – С. 461-467. (на английском языке)
7. Уринов Ш.Р. Определение рациональных параметров взрывных скважин при предварительном щелеобразовании в карьерах», JournalNX– 2020. – Т. 6. – Вып. 11. – С. 468-479 (на английском языке)
8. Заиров С.С., Уринов С.Р., Номдоргов Р.У. Обеспечение устойчивости стенок при взрывных работах на карьерах Кызылкумского района. // Горные науки и технологии (Россия). – 2020. – №5(3). – С. 235-252. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Гильман Я. Материалдардың дислокация динамикасы және реакциясы. // Қолданбалы механика Ревю. – 1968. – Т. 21. – №8. – Б. 767-783. (ағылшын тілінде)
2. Заиров Ш.Ш., Махмудов Д.Р., Уринов Ш.Р. Әртүрлі геометрия үйінділерімен тау жыныстарының жарылу жарылысын теориялық және эксперименттік зерттеу. // Тау-кен журналы. – 2018. – №9. – С. 46-50. (ағылшын тілінде)
3. Уринов Ш.Р., Саидова Л.Ш. Тау-кен массасын тасымалдаудың технологиялық схемаларын таңдау бойынша терең шұңқыр параметрлерінің әсерін теориялық зерттеу. // Жартылай өткізгіш технология. – 2020. – Т. 63. – Шығ. 6. – Б. 429-433. (ағылшын тілінде)

4. Заиров Ш.Ш., Уринов Ш.Р., Тухташев А.Б. Сынған жыныстардың беткейлерінің тұрақтылығын бағалау әдістерінің теориялық негіздемесі. // ТЕСНика. – Нукус, 2020. – №2. – Б. 50-55. (орыс тілінде)
5. Тухташев А.Б., Уринов Ш.Р., Заиров Ш.Ш. Терең карьерлердің борттарының құрылымын қалыптастыру және тұрақтылығын есептеу әдісін жасау. // ТЕСНика. – Нукус, 2020. – №2. – Б. 56-58. (орыс тілінде)
6. Уринов Ш.Р. Карьерлерде беткейлерді дайындау кезінде контурлық жарылыс әдісін теориялық және эксперименттік бағалау. // JournalNX. – 2020. – Т. 6. – Шығ. 11. – Б. 461-467. (ағылшын тілінде)
7. Уринов Ш.Р. Карьерлерде алдын-ала жарылыс кезінде жарылғыш ұңғымалардың ұтымды параметрлерін анықтау. // JournalNX – 2020. – Т. 6. – Шығ. 11. – Б. 468-479. (ағылшын тілінде)
8. Заиров Ш.Ш., Уринов Ш.Р., Номдоров Р.У. Қызылқұм ауданының карьерлерінде жарылыс жұмыстары кезінде қабырғалардың тұрақтылығын қамтамасыз ету. // Тау-кен ғылымдары мен технологиялары (Ресей). – 2020. – №5(3). – С. 235-252. (ағылшын тілінде)

REFERENCE

1. Gilman J. Dislocation dynamics and the response of materials. // Applied Mechanics Review. – 1968. – Vol. 21. – №8. – P. 767-783. (in English)
2. Zairov S.S., Makhmudov D.R., Urinov S.R. (2018). Theoretical and experimental research of explosive rupture of rocks with muck piles of different geometry. // Mining journal. – 2018. – №9. – P. 46-50. (in English)
3. Urinov Sh.R., Saidova L.Sh. Theoretical studies of the influence of deep pit parameters on the choice of technological schemes for transporting rock mass. // Solid State Technology. – 2020. – Vol. 63. – Issue 6. – P. 429-433. (in English)
4. Zairov Sh.Sh., Urinov Sh.R., Tukhtashev A.B. Theoretical justification of methods for assessing the stability of slopes of fractured rocks. // TECHica. – Nukus, 2020. – №2. – P. 50-55. (in Russian)
5. Tukhtashev A.B., Urinov Sh.R., Zairov Sh.Sh. Development of a method for forming the design and calculating the stability of the sides of deep quarries. // TECHica. – Nukus, 2020. – №2. – 56-58. (in Russian)
6. Urinov Sh.R. Theoretical and experimental evaluation of the contour explosion method for preparing slopes in careers. // JournalNX. – 2020. – Vol. 6. – Issue. 11. – P. 461-467 (in English)
7. Urinov Sh.R. Determination of rational parameters of blast wells during preliminary crevice formation in careers. // JournalNX. – 2020. – Vol. 6. – Issue. 11. – P. 468-479 (in English)
8. Zairov S.S., Urinov S.R., Nomdorov R.U. Ensuring Wall Stability in the Course of Blasting at Open Pits of Kyzyl Kum Region. // Mining Science and Technology (Russia). – 2020. – №5(3). – P. 235-252. (in English)

Сведения об авторах:

Норов Ю.Д., д-р техн. наук, профессор кафедры «Горное дело» Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), sh_urinov@mail.ru

Мислибаев И.Т., д-р техн. наук, профессор, декан горного факультета Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), mislibaev65@mail.ru

Норов А.Ю., соискатель кафедры «Горное дело» Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), akmal.noroff@yandex.ru

Авторлар туралы мәліметтер:

Норов Ю.Д., техника ғылымдарының докторы, профессор, «Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры, Навои мемлекеттік тау-кен институтының (Навои қ., Өзбекстан), sh_urinov@mail.ru

Мислибаев И.Т., техника ғылымдарының докторы, профессор, Навои мемлекеттік тау-кен институтының, тау-кен факультетінің деканы (Навои қ., Өзбекстан), mislibaev65@mail.ru

Норов А.Ю., Навои мемлекеттік тау-кен институтының, «Тау-кен ісі» кафедрасының ізденушісі (Навои қ., Өзбекстан), akmal.noroff@yandex.ru

Information about the authors:

Norov Yu.D., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Mining of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan), sh_urinov@mail.ru

Mislibayev I.T., Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean at the Mining Faculty of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan), mislibaev65@mail.ru

Norov A. Yu., Researcher at the Mining Department of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan), akmal.noroff@yandex.ru

Металлообработка. Сварка – Урал

Екатеринбург

16–19
марта
2021

международная выставка технологий,
оборудования, материалов для машиностроения,
металлообрабатывающей промышленности
и сварочного производства

крупнейший специализированный
региональный проект в России



ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

ПЕРМСКАЯ
ЯРМАРКА

(342) 264-64-27

egorova@expoperm.ru

www.metal-ekb.expoperm.ru

Код МРНТИ 52.45.23

Ш.А. Телков, Д.А. Садвакасов

Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА, pH РАСТВОРОВ И ПРИМЕСЕЙ НА ПРОЦЕСС КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ОСАЖДЕНИЯ ЖЕЛТОГО КЕКА ИЗ УРАНСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ

Аннотация. К качеству урановых концентратов предъявляются высокие требования, химическое обогащение позволяет получить наиболее чистый концентрат из природных руд. Подробно описаны химизм и влияние факторов в различных способах осаждения урана из продуктивных растворов и получения химического концентрата. Исследования проводились на месторождениях Моинкум, Торткудук и Южный. В статье представлены результаты проведенных исследований по изучению влияния гранулометрического состава, pH растворов и примесей на процесс кристаллизации и осаждения желтого кека из урансодержащих растворов. Исследование влияния различных факторов (гранулометрического состава, pH растворов и примесей) на процесс кристаллизации и осаждения желтого кека из урансодержащих растворов были проведены в производственных лабораториях с последующим проведением опытно-промышленных испытаний. На основе полученных результатов определен предполагаемый технико-экономический эффект.

Ключевые слова: уран, химический концентрат, желтый кек, осаждение, кристаллизация, гранулометрический состав, водородный показатель растворов, примеси, урансодержащий раствор, продуктивный раствор.

Бөлшектер мөлшерінің таралуы, ерітінділер мен pH-ның уран құрамындағы ерітінділерден сары торттың кристалдануы мен жауын-шашынға әсерін зерттеу

Аңдатпа. Уран концентраттарының сапасына жоғары талаптар қойылады, химиялық байыту табиғи кендерден ең таза концентрат алуға мүмкіндік береді. Өнімді ерітінділерден уранды тұндырудың және химиялық концентрат алудың әртүрлі тәсілдеріндегі химизм мен факторлардың әсері егжей-тегжейлі сипатталған. Зерттеулер Моинқұм, Төртқұдық және Южный кен орындарында жүргізілді. Мақалада гранулометриялық құрамның, ерітінділер мен қоспалардың pH-ның кристалдану және құрамында уран бар ерітінділерден сары кектің тұндыру процесіне әсерін зерттеу бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері берілген. Құрамында уран бар ерітінділерден сары кекті кристалдау және тұндыру процесіне әртүрлі факторлардың (гранулометриялық құрам, ерітінділер мен қоспалардың pH) әсерін зерттеу кейіннен тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтар жүргізе отырып, өндірістік зертханаларда жүргізілді. Алынған нәтижелер негізінде болжамды техникалық-экономикалық тиімділік анықталды.

Түйінді сөздер: уран, химиялық концентрат, сары кек, тұнбаға түсіру, кристаллизация, гранулометриялық құрам, ерітінділердің сутектік көрсеткіші, қоспалар, уранқұрамды ерітінді, өнімді ерітінді.

Study of the effect of particle size distribution, pH of solutions and impurities on the crystallization and precipitation of yellow cake from uranium-containing solutions

Abstract. High demands are placed on the quality of uranium concentrates, and chemical enrichment makes it possible to obtain the purest concentrate from natural ores. The chemistry and influence of factors in various methods of uranium deposition from productive solutions and chemical concentrate production are described in detail. The research was carried out at the Moinkum, Tortkuduk and Yuzhny fields. The article presents the results of studies on the influence of granulometric composition, pH of solutions and impurities on the process of crystallization and deposition of yellow cake from uranium-containing solutions. The study of the influence of various factors (granulometric composition, pH of solutions and impurities) on the process of crystallization and deposition of yellow cake from uranium-containing solutions was carried out in production laboratories, followed by pilot tests. Based on the results obtained, the expected technical and economic effect is determined.

Ключевые слова: uranium, chemical concentrate, yellow cake, precipitation, crystallization, granulometric composition, pH of solutions, impurities, uranium-containing solution, productive solution.

Введение

В настоящее время известно более 150 урансодержащих минералов, представленных, главным образом, оксидами, силикатами, титанатами, тантало-ниобатами и титано-тантал-ниобатами, фосфатами, арсенатами, ванадатами, карбонатами, сульфатами, молибдатами^{1, 2} [1]. Значительная часть минералов вторичного происхождения³.

Для получения первичных концентратов применяют методы механического (физического и физико-химического) и химического обогащения. Механическое обогащение при переработке урановых руд имеет ограниченное применение^{2, 3} [1, 2]. Химические методы обогащения являются более дорогими по отношению к механическим, тем не менее, в настоящее время в основном применяют их. Химическое обогащение урановых руд включает ряд последовательных процессов, главными из которых являются дробление и измельчение руд,

перевод урана из измельченного материала в раствор, отделение твердых частиц от раствора, очистка раствора

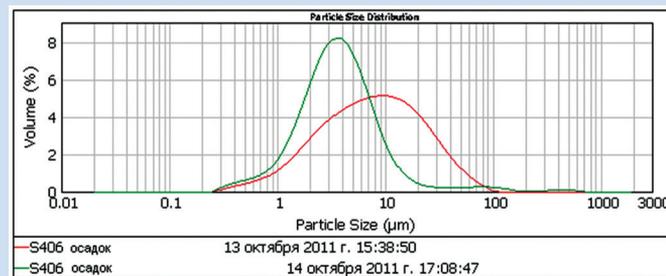


Рис. 1. Грансостав осадков раствора S-406 во время остановки пресс-фильтра.

Сурет 1. Сүзгі прессін тоқтату кезінде S-406 ерітіндісінің жауын-шашын мөлшері.

Figure 1. The granulometric composition of the precipitation of a solution of S-406 during the stop press-filter.

¹Титаева Н.А. Ядерная геохимия. – М.: МГУ, 2000. – 336 с.

²Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов А.Е. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. – Алматы, 2001. – 442 с.

³Абрамов А.А., Леонов С.Б. Обогащение руд цветных металлов. – М.: Недра, 1991. – 406 с.

от вредных примесей и осадение из него урана в виде химического концентрата (желтый кека или закись-окись урана). Поскольку к качеству урановых концентратов предъявляются высокие требования, химическое обогащение позволяет получить наиболее чистый концентрат из природных руд. Для перевода урана в раствор при химическом обогащении

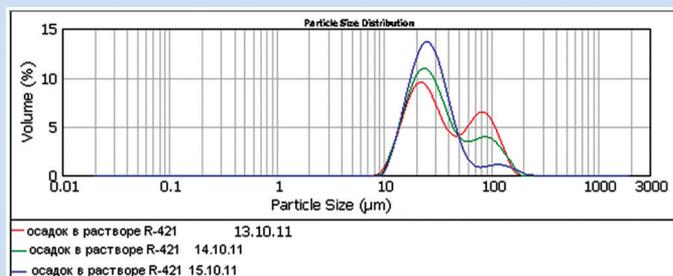


Рис. 2. Грансостав частиц раствора R-421 во время остановки пресс-фильтра.

Сурет 2. Сүзгі прессін тоқтату кезінде R-421 ерітінді бөлшектерінің гранж құрамы.

Figure 2. Granulation of R-421 solution particles during stop of the press filter.

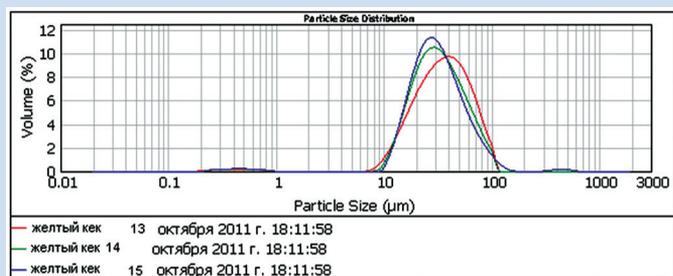


Рис. 3. Грансостав частиц готовой продукции во время остановки пресс-фильтра.

Сурет 3. Сүзгі прессін тоқтату кезінде дайын өнім бөлшектерінің гранж құрамы.

Figure 3. Granulation of finished product particles during the press filter stop.

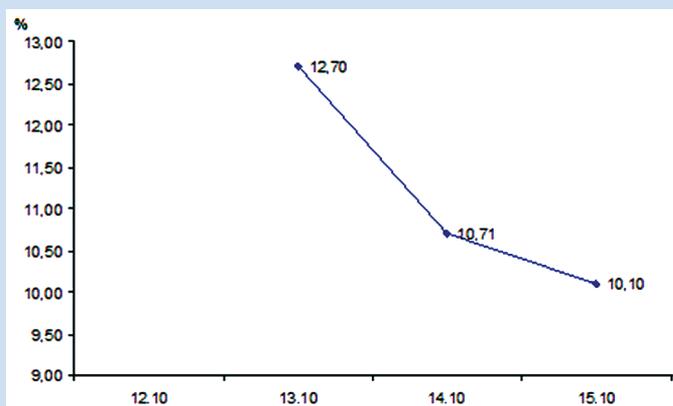


Рис. 4. Влажность сухого кека во время остановки пресс-фильтра.

Сурет 4. Сүзгі прессін тоқтату кезінде құрғақ торттың ылғалдылығы.

Figure 4. The moisture content of the dry cake while stopped press filter.

применяют кислотное или щелочное извлечение (в основном подземное) урановых руд с последующей очисткой раствора (сорбцией) и осадением из чистого раствора химического концентрата урана в виде желтого кека⁴ [2].

Методика исследований

Исследования влияния различных факторов (гранулометрического состава, *pH* растворов и примесей) на процесс кристаллизации и осадения желтого кека из ураносодержащих растворов были проведены в производственных лабораториях с последующим проведением опытно-промышленных испытаний.

Для изучения влияния гранулометрического состава при осадении и кристаллизации наблюдали за процессами, происходящими в секции 400 смесителя S-406 и в кристаллизаторе R-421. В момент остановки пресс-фильтра и после его запуска были отобраны растворы со сгустителя S-406 и осадки с кристаллизатора R-421 на уровне S-6. Отфильтрованы растворы сгустителя S-406 и проанализированы на спектрофотометре Mastersizer грансоставы осадков (рис. 1). Проанализированы осадки с кристаллизатора R-421 и готовый продукт (желтый кека).

Согласно кривым распределения частиц по грансоставу, размер частиц осадка раствора со сгустителя S-406 резко уменьшился в размере через сутки, что связано с запуском рамного фильтр-пресса S-407Г, до запуска которого в среднем максимальный размер частиц находился в области 10 м. После запуска произошло уменьшение максимального размера частиц, который составил около 5 м. При фильтрации осадка в растворе смесителя S-406 осадок был слишком мелкий и проходил через фильтровальную бумагу при работе с лабораторным вакуум-насосом.

Согласно кривым распределения частиц в растворе кристаллизатора R-421 (рис. 2), происходит увеличение содержания частиц размером 20-25 м, связанное с образованием новых центров кристаллизации, и уменьшение содержания крупных частиц размером около 80-90 м, обусловленное увеличением центров кристаллизации и выгрузкой крупных кристаллов DUA из кристаллизатора.

Согласно кривым распределения частиц по грансоставу (рис. 3) готового продукта (желтого кека), происходит увеличение содержания частиц размером около 20 м. Содержание кристаллов более крупных размеров уменьшается. Это следствие процессов кристаллизации в кристаллизаторе R-421.

На рис. 4 наблюдается уменьшение влажности готовой продукции (желтого кека). На рис. 5 видно, что в растворе кристаллизатора R-421 происходит накопление мелких кристаллов, их содержание сопоставимо с содержанием крупных кристаллов. Произошло явное разделение слоев с мелкими кристаллами и крупными.

На рис. 5 заметно, что в момент остановки пресс-фильтра в растворе S-406 стало происходить накопление осадка. Концентрация фосфатов в растворе S-406 составляла 235 мг/л, максимальный размер

⁴Битовт О.А. Современное состояние технологий производства соединений урана. – Алматы: ТОО «Институт высоких технологий», 2006. – 45 с.

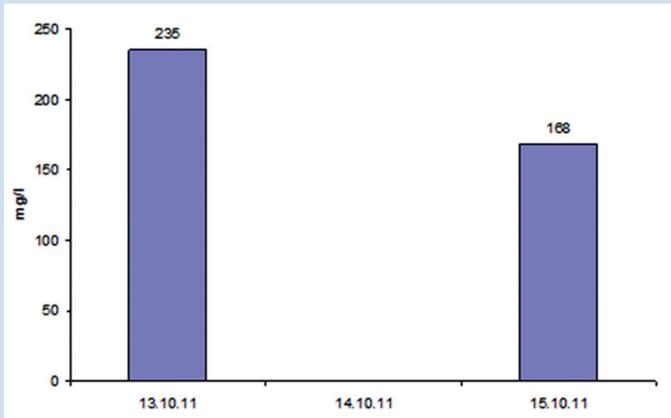


Рис. 5. Содержание фосфатов в растворе S-406 во время остановки пресс-фильтра.

Сурет 5. Сүзгі прессін тоқтату кезінде S-406 ерітіндісіндегі фосфаттар құрамы.

Figure 5. The content of phosphates in the S-406 solution during the stop of the press-filter.

кристаллов достигал 10 м. После включения пресс-фильтра концентрация уранила фосфата уменьшилась до 168 мг/л, в растворе исчезли кристаллы с максимальным размером 10 м и остались кристаллы с максимальным размером 4-5 м. Уменьшение фосфатов связано с отделением осадка в растворе S-406 на пресс-фильтре.

При сравнении грансостава осадка в растворе R-421 и готового продукта (рис. 6-8) можно сказать, что в кристаллизаторе стало происходить явное разделение слоев с мелкими кристаллами и крупными, что, скорее всего, связано с попаданием в кристаллизатор кристаллов фосфат уранила, которые препятствовали росту кристаллов диураната аммония. При явном разделении слоев с мелкими кристаллами и крупными в готовой продукции происходит неравномерная сушка готового продукта, что вызывает повышение влажности. Перед остановкой пресс-фильтра необходимо производить максимально возможную загрузку кристаллизатора R-421. Также перед остановкой пресс-фильтра необходимо проводить его очистку.

Анализ гранулометрического состава конечного продукта показал, что одним из факторов повышения влажности было уменьшение размера частиц желтого кека. Для сравнения взяли 6 проб сухого кека, в котором средняя влажность составляла ~10% и 6 проб кека со средней влажностью ~14%. Гранулометрический анализ производился на установке Mastersizer, полученные результаты приведены в табл. 1.

Помимо этого, были взяты данные ежедневного анализа влажного желтого кека из кристаллизатора (табл. 2). На рис. 9 представлены сводные результаты гранулометрического состава сухого и влажного кека, показывающие, что в них имеются небольшие различия.

Далее авторами было изучено влияние различных факторов на образование и осаждение гидроксида железа. Плохое осаждение железа на каскаде деферризации приводит к двум основным негативным следствиям:

- увеличению концентрации железа в конечном продукте (при содержании железа в десорбате R-406

около 300 мг/л в конечный продукт попадает $C(Fe) = 0,75\%/U$; такая концентрация выше, чем норматив $< 0,15\%/U$ без штрафных санкций, $< 1,0\%/U$ без отбраковки согласно СТ РК 1909-2009;

- уменьшению размеров кристаллов DUA в кристаллизаторе, худшей фильтрации на вакуум-фильтре и, как следствие, повышенной влажности продукта после вакуум-фильтра (табл. 3).

Поэтому осаждение железа на каскаде деферризации имеет большое значение для технологического процесса.

При изучении процесса осаждения железа необходимо решить несколько проблем:

- окисление железа из двухвалентного состояния в трехвалентное, т. к. гидроксид $Fe(3+)$ оседает при более низких pH и менее растворим;

- непосредственное образование гидроксида железа при определенном pH , при котором не образуется гидроксид урана (переходящий в диуранат аммония);

- коагуляция (сгущение) золя гидроксида железа так, чтобы выпал осадок для отделения его от раствора.

Как известно, железо в растворе присутствует в основном в форме двух- и трехвалентного^{3,4} [2, 3]. При этом теоретически осаждение гидроксида $Fe(3+)$

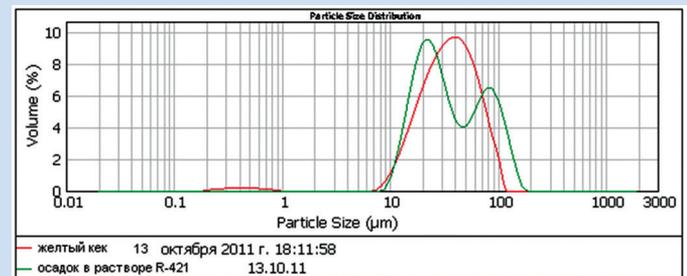


Рис. 6. Данные грансостава частиц в растворе кристаллизатора R-421 и готового продукта.

Сурет 6. R-421 кристаллизатор ерітіндісіндегі бөлшектердің гранқұрамының және дайын өнімнің деректері.

Figure 6. Data on the particle size distribution in the solution of the R-421 crystallizer and the finished product.

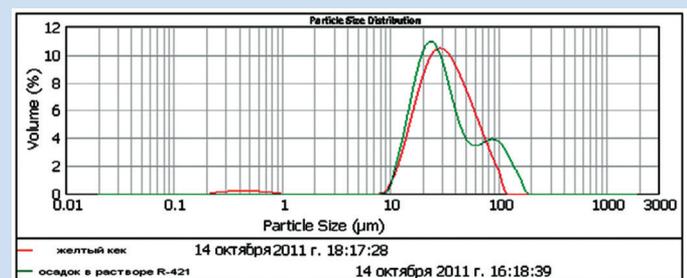


Рис. 7. Данные грансостава частиц в растворе кристаллизатора R-421 и готового продукта (после запуска пресс-фильтра).

Сурет 7. R-421 кристаллизатор ерітіндісіндегі бөлшектердің гранқұрамы және дайын өнім туралы мәліметтер (сүзгі прессін іске қосқаннан кейін).

Figure 7. Data on the particle size distribution in the solution of the R-421 crystallizer and the finished product (after starting the press filter).

Таблица 1
Гранулометрический состав сухого кека

Кесте 1
Құрғақ торттың гранулометриялық құрамы
Table 1
Granulometric composition of dry cake

Партия	Влажность, %	d(0,1)	d(0,5)	d(0,9)
630	8,57	20,29	34,82	58,54
632	10,2	20,59	34,97	57,31
634	9,73	20,73	35,76	58,8
635	9,57	21,08	37,89	64,02
637	8,81	22,14	38,83	65,28
639	9,83	20,01	36,59	63,77
642	12,86	15,05	37,77	67,73
645	13,8	15,11	31,05	61,92
649	14,52	19,05	31,14	51,98
650	13,23	20,90	33,98	54,62
653	13,72	16,38	34,53	59,39
654	14,14	16,35	34,48	59,64

происходит при $pH = 1,5-2,0$, а гидроксида $Fe(2+)$ – при $pH = 5,0-5,5$. Поскольку при $pH = 5,0-5,5$ происходит также осаждение гидроксида урана (с дальнейшим переходом его в диуранат аммония), десорбат, подаваемый на каскад деферризации, должен иметь трехвалентную форму железа.

Увеличение концентрации железа в десорбате может происходить, при применении в качестве десорбирующего раствора ВР, в котором $[Fe(2+)] = 650-800$ мг/л, $[Fe(3+)] = 150-250$ мг/л, или при неполной отмывке смолы при донасыщении.

Авторами было изучено окисление Fe^{2+} до Fe^{3+} . Теоретически, поскольку в десорбате присутствуют нитрат-ионы и высокая кислотность, двухвалентное

Таблица 2
Гранулометрический состав влажного кека

Кесте 2
Ылғал торттың гранулометриялық құрамы
Table 2
Granulometric composition of wet cake

Партия	Влажность, %	d(0,1)	d(0,5)	d(0,9)
630	8,57	17,5	31,6	55
632	10,2	17,1	33,2	58,2
634	9,73	18,1	36,7	65,4
635	9,57	18,69	38,271	69,788
637	8,81	20,364	39,237	71,162
639	9,83	18,389	38,37	70,775
642	12,86	10,774	25,648	58,395
645	13,8	13,727	26,571	58,304
649	14,52	18,4	29,8	48,5
650	13,23	19	32,8	53,9
653	13,72	12,008	31,255	57,732
654	14,14	13,398	32,29	60,824

железо должно окисляться до трехвалентного полностью^{5,6} (до равновесных концентраций < 1 мг/л) [4], поэтому в данном тесте проверяли теоретическое (расчетное) предположение на практике.

В модельном растворе ($[Fe(2+)] \approx 800$ мг/л, $C(NO_3) = 50$ г/л, $C(H_2SO_4) = 50$ г/л), $Fe(2+)$ полностью окислилось в течение 5-10 мин после смешения (табл. 4). Исследования показали, что в модельном растворе двухвалентное железо достаточно быстро и полно переходит в трехвалентное сразу после добавления нитрат-ионов, что подтверждает теоретические предположения.

Для изучения зависимости концентрации Fe от pH модельный раствор осаждали при разных pH , измеряя концентрацию железа в верхней осветленной части (рис. 10). При $pH = 4,0$ раствор практически полностью осветлился, образование золя гидроксида железа начинается при $pH = 2,5-3,0$. Рис. 10 показывает, что повышение pH улучшает оседание железа.

Далее была изучена зависимость концентрации Fe^{2+} от pH на реальном растворе. Однако, при переходе на десорбат с добавками $Fe(II)$ ситуация ухудшилась, поскольку железо не оседало при $pH = 2,5-3,5$, визуально образование золя наблюдалось только при $pH = 3,5$ и выше (рис. 11 и 12). На рис. 12 осадок не наблюдается. Кроме того, при $pH > 3,5$ наблюдается осаждение урана. Однако следует заметить, что в тесте дозировка аммиака велась быстро, а перемешивание было не очень интенсивным, поэтому уран мог не успевать растворяться.

Для изучения зависимости концентрации Fe^{3+} от pH на реальном растворе исследования вели аналогично исследованию по изучению зависимости концентрации Fe^{2+} от pH на реальном растворе, но, в отличие от

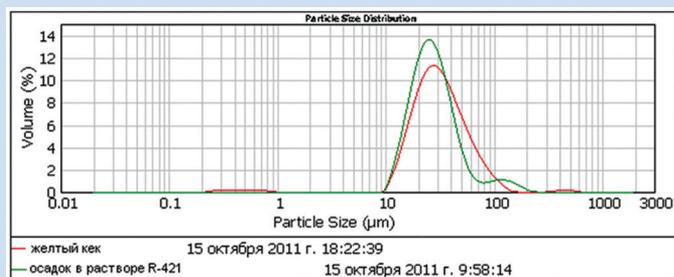


Рис. 8. Данные грансостава частиц в растворе кристаллизатора R-421 и готового продукта (после запуска пресс-фильтра).

Сурет 8. R-421 кристаллизатор ерітіндісіндегі бөлшектердің гран-құрамы және дайын өнім туралы мәліметтер (сүзгі прессін іске қосқаннан кейін).
Figure 8. Data on the particle size distribution in the solution of the R-421 crystallizer and the finished product (after starting the press filter).

⁵Пат. 2174492 РФ. Способ переработки урансодержащих растворов. / П.П. Лепихин, Ю.М. Лебединский и др. – №99120854/12. Заявл. 29.09.99. Оpubл. 10.10.01.

⁶Пат. 3365473 JP. Способ очистки уранилнитрата. / Miyashita Yasusuke and others. – №325374. Заявл. 05.12.96. Оpubл. 14.01.03.

Таблица 3

Влияние железа на влажность (статистические данные)

Кесте 3

Темірдің ылғалдылыққа әсері (статистика)

Table 3

Effect of iron on humidity (statistical data)

ТКД	Fe R402Т, мг/л	Fe R406Т, мг/л	Размер кристаллов DUA, средний			Влажность средняя, %
			d(0,1)	d(0,5)	d(0,9)	
Показатели	среднее	среднее				
Вода	124,8	117,7				13,0
ВР	420,5	273,4	14,6	27,4	47,5	17,2
Вода	160,1	124,8	17,3	34,4	60,3	13,6

него, здесь исследовали трехвалентное железо (в виде $FeCl_3 \times 3H_2O$) при более интенсивном перемешивании. Результаты приведены на рис. 13 и 14.

На рис. 14 осадок заметен, он образуется значительно лучше в незначительных количествах – концентрация урана в растворе снижается мало (рис. 13).

В результате исследований установлено:

- после доведения до pH раствор нагревался до $90^\circ C$, поэтому осаждение осадка гидроксида железа шло значительно лучше, чем в тесте с $Fe(II)$, и все процессы (например, растворение гидроксида урана) ускорились;
- перемешивание раствора было интенсивнее и дольше, чем в тесте с $Fe(II)$, за счет этого осадок урана успевал растворяться;
- дозирование аммиака шло немного медленнее.

Проведенные тесты с титрованием десорбата с добавками $Fe(II)$ и $Fe(III)$ показывают:

- осадок гидроксида железа в десорбате с добавкой $Fe(II)$ начинает образовываться только при $pH > 3,5$;
- осадок гидроксида железа в десорбате с добавкой $Fe(III)$ образуется уже при $pH = 3$ и выпадает при $pH > 3,5$;
- в модельном растворе с добавкой нитрат-ионов присутствует только $Fe(III)$, осадок гидроксида железа образуется уже при $pH = 3$ и выпадает при $pH > 3,5$.

Все это говорит в пользу того, что в десорбате $Fe(II)$ окисляется кислородом воздуха и нитрат-ионами значительно медленнее, чем в модельном растворе, поэтому и не образует осадка при доведении pH до 3,0-3,5. В десорбате $Fe(II)$ не окисляется самопроизвольно за счет нитрат-ионов (как в модельном растворе), поэтому для хорошего осаждения железа на каскаде деферризации необходимо сначала окислить $Fe(II)$, например, пероксидом водорода. По данным рис. 14, образование золя гидроксида железа происходит уже при $pH = 3$. Однако коагуляция, т. е. выпадение видимого осадка, происходит при $pH = 3,5$. При повышении pH коагуляция (выпадение осадка и сгущение) происходит интенсивнее (рис. 13). Проблема выпадения гидроксида урана при повышении pH в тесте была решена путем интенсивного перемешивания. В остальных исследованиях (рис. 11, 12) повышение pH также ускоряло образование и сгущение осадка, т. е., повышение pH ускоряет образование гидроксида железа и выпадение его в осадок. Для изучения влияния начальной концентрации Fe^{3+}

в растворе на осаждение гидроксида железа условия проведения исследования были следующими:

- в десорбат было добавлено разное количество Fe^{3+} в концентрации от 0,5 г/л до 3,0 г/л;
- полученный раствор титровался до $pH = 3,4$, дозирование аммиака быстрое, перемешивание очень интенсивное, как и в других исследованиях;
- после достижения $pH = 3,4$ раствор нагревался до $40^\circ C$ в течение 4-5 ч;

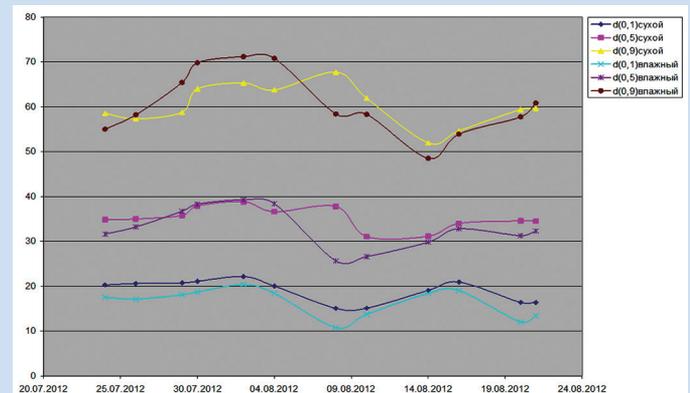


Рис. 9. Гранулометрический состав сухого и влажного кека.

Сурет 9. Құрғақ және дымқыл торттың гранулометриялық құрамы.

Figure 9. Granulometric composition of dry and wet cake.

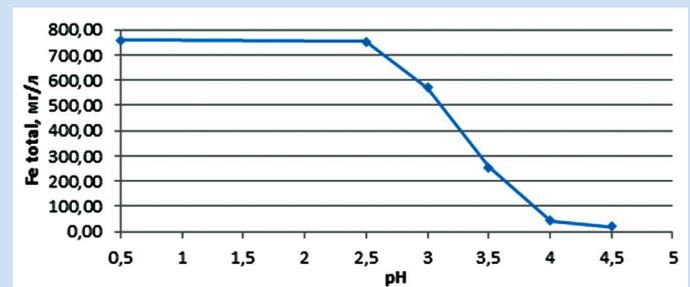


Рис. 10. Зависимость концентрации Fe от pH на модельном растворе.

Сурет 10. Fe концентрациясының модельдік ерітіндідегі pH-ға тәуелділігі.

Figure 10. Dependence of Fe concentration on pH in the model solution.

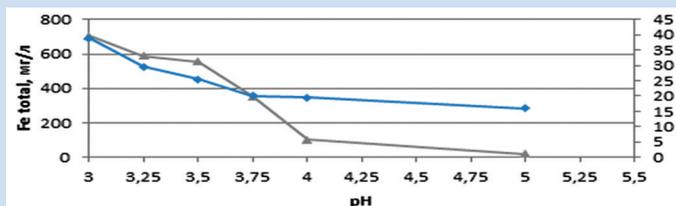


Рис. 11. Зависимость концентрации Fe^{2+} от pH на реальном растворе.

Сурет 11. Fe^{2+} концентрациясының нақты pH-ға тәуелділігі.

Figure 11. The dependence of the concentration of Fe^{2+} of pH on the real R-d.

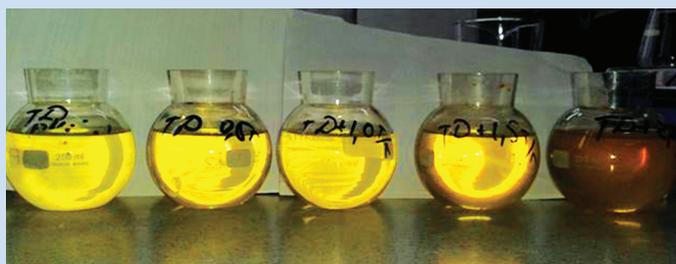


Рис. 12. Осаждение железа при pH = 3,4 (десорбат + $Fe(II)$).

Сурет 12. pH = 3,4 кезінде темірдің тұнбасы (десорбат + $Fe(II)$).

Figure 12. Iron deposition at pH = 3,4 (desorbate + $Fe(II)$).

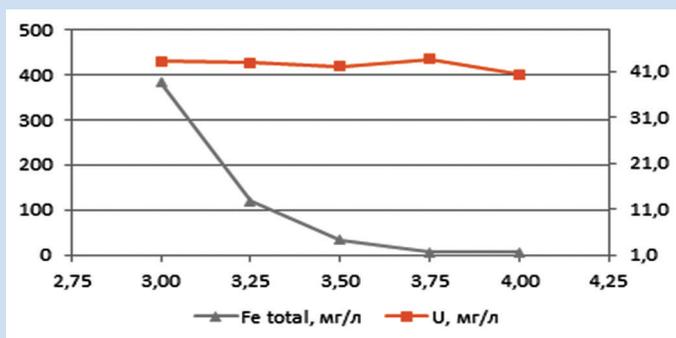


Рис. 13. Осаждение железа (десорбат + $Fe(III)$).

Сурет 13. Темірдің тұнбасы (десорбат + $Fe(III)$).

Figure 13. Precipitation of iron (desorbate + $Fe(III)$).

▪ с верхней осветленной части раствора были взяты пробы на определение Fe .

Из рис. 15 видно, что:

▪ при увеличении начальной концентрации $C_0(Fe^{3+})$ концентрация железа в осветленной части (не выпавшее в осадок) проходит через максимум при $C_0(Fe^{3+}) = 1,5-2,0$ г/л;

▪ при $C_0(Fe^{3+}) = 3$ г/л концентрация оставшегося железа в осветленной части падает до 75 мг/л;

▪ отношение концентрации не выпавшего железа к общему понижается с увеличением $C_0(Fe^{3+})$, что хорошо заметно на рис. 16.

На рис. 16 видно, что раствор с самой большой начальной концентрацией – самый осветленный. При этом концентрация урана в растворе падает незначительно – от 44,4 г/л U до 41,2 г/л U .

Увеличение концентрации железа (трехвалентного) ведет к лучшему образованию и выпадению осадка. В технологическом процессе каскада деферризации подобный эффект может быть достигнут путем рециркуляции пульпы со сгустителя S-406 в емкость R-402. Осадок железа в пульпе будет растворяться и увеличивать концентрацию железа. Это не будет вести к повышенному расходу аммиачной воды, т. к. осадок гидроксида железа будет частично нейтрализовать кислоту в десорбате (а затем аммиак будет тратиться на новое осаждение железа).

Повышение температуры увеличивает скорость коагуляции и осаждения гидроксида железа (рис. 17).

Таким образом, в результате изучения влияния различных факторов на образование и осаждение гидроксида железа установлено:

▪ в десорбате Fe^{2+} не окисляется самопроизвольно за счет нитрат-ионов (как в модельном растворе), поэтому для хорошего осаждения железа на каскаде деферризации необходимо сначала окислить Fe^{2+} в десорбате, например, пероксидом водорода;

▪ повышение pH ускоряет образование гидроксида железа и выпадение его в осадок, способствует более полному осаждению, при этом проблема выпадения гидроксида урана в осадок в наших исследованиях была решена путем интенсификации перемешивания;

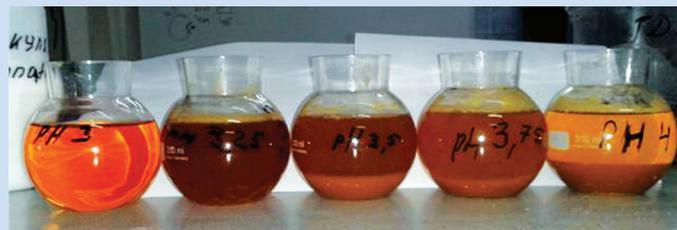


Рис. 14. Осаждение железа при pH от 3 до 4 с шагом 0,25 (десорбат + $Fe(III)$).

Сурет 14. Темірдің pH 3-тен 4-ке дейін 0,25 қадаммен тұндырылуы (десорбат + $Fe(III)$).

Figure 14. Precipitation of iron at a pH of 3 to 4 in increments of 0,25 (desorbate + $Fe(III)$).

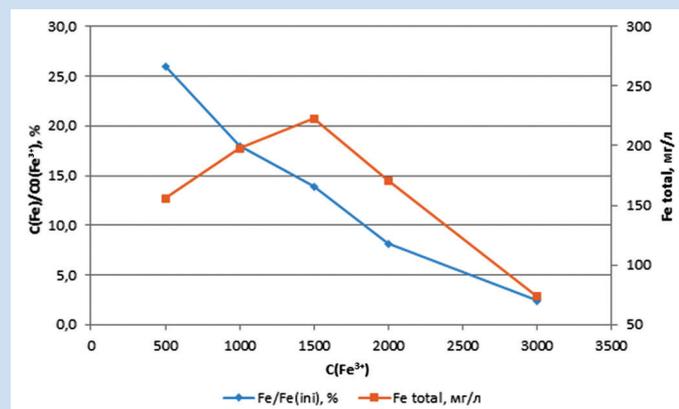


Рис. 15. Осаждение железа при разных начальных концентрациях Fe^{3+} , pH = 3,4.

Сурет 15. Әр түрлі бастапқы темірдегі темірдің тұнбасы концентрациясы Fe^{3+} , pH = 3,4.

Figure 15. Iron deposition at different initial concentrations of Fe^{3+} , pH = 3,4.

Таблица 4

Результаты окисления Fe^{2+} до Fe^{3+}

Кесте 4

Нәтижелері Fe^{2+} дейін Fe^{3+} тотығу

Table 4

Results oxidation of Fe^{2+} to Fe^{3+}

Проба	Fe^{2+} , мг/л	Fe^{3+} , мг/л	Fe total, мг/л
Р-р исходный с $[Fe(2+)] \approx 800$ мг/л	743	< 100	805,83
Р-р после смешения реагентов, время 0 ч	< 100	754	758,31

▪ увеличение начальной концентрации железа (трехвалентного) ведет к лучшему образованию и выпадению осадка;

▪ повышение температуры увеличивает скорость коагуляции и осаждения гидроксида железа.

Заключение

Исследования, проведенные в производственных условиях по изучению влияния гранулометрического состава pH растворов и примесей на процесс кристаллизации и осаждения желтого кека из урансодержащих растворов, показали, что на месторождениях Моинкум, Торткудук и Южный на глубинах от 700 м до 950 м проводится выщелачивание урановой руды серной кислотой при $pH = 1,5-2,0$, после чего урансодержащие растворы отправляют на перерабатывающий комплекс. Основным урансодержащим минералом в указанных месторождениях является коффинит. Главной проблемой в существующей технологии осаждения является малая крупность кристаллов диураната аммония, что приводит к потерям от 5-10% урана с маточными растворами осаждения. Мелкие кристаллы, проходя через аппарат, выносятся растворами и попадают в бассейны рециркуляции, которые, в свою очередь, поступают в голову процесса, т. е. в аппараты сорбции на смоле, и часть кристаллов теряется с маточными растворами сорбции и закачиваются в скважины.

Необходимость изучения процесса осаждения урана из сернокислых растворов в виде желтого кека (или товарного уранового концентрата) была продиктована тем, что примеси железа, кремния и других металлов снижают его качество и он реализуется по низкой цене. Для получения желтого кека (диуранат аммония) высокого качества и повышения рентабельности производства необходимо изучить процесс осаждения

и кристаллизации диураната аммония и определить влияние некоторых факторов на качество желтого кека.



Рис. 16. Осаждение железа при разной начальной концентрации Fe^{3+} .

Сурет 16. Fe^{3+} әртүрлі бастапқы концентрациясында темірдің жауын-шашыны.

Figure 16. Iron deposition at different initial concentrations of Fe^{3+} .

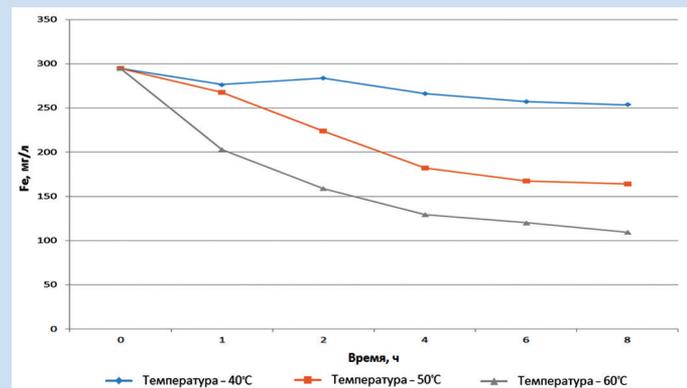


Рис. 17. Влияние температуры на осаждение гидроксида железа при $pH = 3,0$.

Сурет 17. Гидроксидтің жауын-шашынына температураның әсері $pH = 3,0$ кезінде темір.

Figure 17. The effect of temperature on the precipitation of the hydroxide iron at a $pH = 3,0$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Школьник В.С. Перспективы развития атомного комплекса Казахстана. // Сборник докладов II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Алматы, 2002 (10-13 июля). – С. 3-6. (на русском языке)
- Митяев Ю.Н. Ядерная энергетика в 2002 г. // Атомная техника за рубежом. – 2003. – №7. – С. 11-13. (на русском языке)
- Андреев И.Ю., Головин В.Ф., Литвиненко В.Г., Овсейчук В.А., Шелудченко В.Г., Филоненко В.С. Комплексная технология переработки урановых руд агитационными и перколяционными методами // Горный журнал. – 2003. – №6. – С. 45-47. (на русском языке)
- Кудланов В.Н. Совершенствование переделов десорбции урана и переработки ХКПУ. // Сборник докладов Международной научно-практической конференции

«Актуальные проблемы отработки урановых месторождений методом поземного выщелачивания». – Алматы, 2000. – С. 93-105. (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Школьник В.С. Қазақстанның атом кешенін дамыту перспективалары. // II Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияда баяндама уран өнеркәсібінің өзекті мәселелері. – Алматы, 2002 (10-13 шілде). – Б. 3-6. (орыс тілінде)
2. Митяев Ю.Н. Ядролық энергетика 2002 ж. // Шетелдегі Атом техникасы. – 2003. – №7. – Б. 11-13. (орыс тілінде)
3. Андреев И.Ю., Головин В.Ф., Литвиненко В.Г., Овсейчук В.А., Шелудченко В.Г., Филоненко В.С. Уран кендерін үгіт-насихат және перколяциялық әдістермен өңдеудің кешенді технологиясы. // Тау-кен журналы. – 2003. – №6. – Б. 45-47. (орыс тілінде)
4. Кудланов В.Н. Уранды десорбциялау және ХКПУ қайта өңдеуді жетілдіру. // Ғылыми-практикалық конференцияның баяндамалар жинағы жер асты сілтісіздендіру әдісімен уран кен орындарын қазудың өзекті мәселелері. – Алматы, 2000. – Б. 93-105. (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Shkolnik V.S. Prospects for the development of the nuclear complex of Kazakhstan. // Report at the 2nd International scientific and practical conference «Actual problems of the uranium industry». – Almaty, 2002 (July 10-13). – P. 3-6. (in Russian)
2. Mityaev Yu.N. Nuclear power in 2002. // Nuclear engineering abroad. – 2003 – №7. – P. 11-13. (in Russian)
3. Andreev I.J., Golovin V.F., Litvinenko V.G., Ovsyichuk V.A., Sheludchenko V.G., Filonenko V.S. Complex technology of processing of uranium ores agitation and percolation methods. // Mining journal. – 2003. – №6. – P. 45-47. (in Russian)
4. Chulanov V.N. Improving conversions desorption of uranium and processing of NUC. // the Collection of reports of scientific-practical conference «Actual problems of mining uranium deposits by underground leaching method». – Almaty, 2000. – P. 93-105. (in Russian)

Сведения об авторах:

Телков Ш.А., канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры металлургии и обогащения полезных ископаемых Института металлургии и промышленной инженерии Некоммерческого акционерного общества «Казакхский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), naukaty@mail.ru

Садвакасов Д.А., магистрант 2 курса кафедры металлургии и обогащения полезных ископаемых Института металлургии и промышленной инженерии Некоммерческого акционерного общества «Казакхский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева» – Satbayev University (г. Алматы, Казахстан), специальность «Обогащение полезных ископаемых», dimashsad@mail.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Телков Ш.А., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University, металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты, металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасының профессоры (Алматы қ., Қазақстан), naukaty@mail.ru

Садвакасов Д.А., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының – Satbayev University, металлургия және өнеркәсіптік инженерия институты, металлургия және пайдалы қазбаларды байыту кафедрасының 2 курс магистранты Сәтбаев университеті (Алматы қ., Қазақстан), «Пайдалы қазбаларды байыту» мамандығы, dimashsad@mail.ru

Information about the authors:

Telkov Sh.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Institute of Metallurgy and Industrial Engineering of the Non-profit Joint-Stock Company «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), naukaty@mail.ru

Sadvakasov D.A., 2nd year Master's Student at the Department of Metallurgy and Mineral Processing of the Institute of Metallurgy and Industrial Engineering of the Non-profit Joint-Stock Company «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev – Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), Specialty «Mineral Processing», dimashsad@mail.ru



МашЭкспо Сибирь

18+

выставка металлообработки и сварки

30 МАРТА - 2 АПРЕЛЯ 2021

Отраслевое событие Сибири!

70

Более 70 производителей и поставщиков оборудования и материалов для металлообработки и сварки из России, Белоруссии, Германии, Италии, Швейцарии, Японии, Китая.



Здесь ведущие производители станков, сварочного оборудования встречаются с представителями крупных и средних промышленных предприятий.



Деловая программа посвящена актуальным проблемам машиностроения и передовым технологиям в сфере металлообработки.

Организатор: ООО «СВК»



СИБИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

Место проведения:



НОВОСИБИРСК
ЭКСПО ЦЕНТР

mashexpo-siberia.ru



Код МРНТИ 52.45.23

Н.А. Донияров¹, О.А. Азимов¹, С.З. Намазов¹, М.Ю. Бойхонова²¹Навоийский государственный горный институт (г. Навои, Узбекистан),²Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан (г. Навои, Узбекистан)

ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ АНГРЕНСКОГО БУРОГО УГЛЯ ПРИ ПИРОЛИЗНОЙ ОБРАБОТКЕ

Аннотация. В настоящее время проблемой бурых углей является наличие в их составе большого количества золы. Зола, в свою очередь, в составе бурого угля уменьшает теплотворную способность, а также вредит окружающей среде. В работе представлены результаты исследования строения, свойств и направлений термохимической пиролизной переработки высокозольных бурых ангренских углей с перспективой использования их в качестве исходного обогащенного материала с низкой зольностью, а также для получения сорбентов, способных к многократному использованию в технологических режимах промышленного производства. В данной работе дана характеристика дериватографических, инфракрасных спектроскопических результатов обработки бурых ангренских углей, показавшая наличие гуминовых соединений органического происхождения.

Ключевые слова: пиролиз, уголь, антрацит, зольность, концентрат, фюзенизация, сорбент, углерод, температура, давление, глинистые минералы.

Пиролизді өңдеу кезінде ангрен қоңыр көмірінің негізгі қасиеттерінің өзгеруі

Аннотация. Қазіргі уақытта қоңыр көмірдің проблемасы – құрамында көп мөлшерде күл бар. Өз кезегінде қоңыр көмір құрамындағы күл жылу шығару қабілетін төмендетеді, сондай-ақ қоршаған ортаға зиян келтіреді. Жұмыста күлі төмен бастапқы байытылған материал ретінде пайдалану перспективасымен жоғары күлі қоңыр ангрен көмірін термохимиялық пиролиздік өңдеудің құрылымын, қасиеттері мен бағыттарын зерттеу, сондай-ақ өнеркәсіптік өндірістің технологиялық режимдерінде көп рет пайдалануға қабілетті сорбенттер алу нәтижелері ұсынылған. Бұл жұмыста қоңыр ангрен көмірін өңдеудің дериватографиялық және инфрақызыл спектроскопиялық нәтижелеріне сипаттама берілген.

Түйінді сөздер: пиролиз, көмір, антрацит, күл, концентрат, фюзенизация, сорбент, көміртегі, температура, қысым, саз материалдары.

Changes in the basic properties of angrén brown coal during pyrolysis treatment

Abstract. Currently, the problem with brown coal is that it contains a large amount of ash. Ash, in turn, in the composition of brown coal decreases the calorific value, and also harms the environment. The paper presents the results of a study of the structure, properties and directions of thermochemical pyrolysis processing of high-ash brown Angren coals with the prospect of using them as an initial enriched material with a low ash content, as well as for obtaining sorbents capable of repeated use in technological modes of industrial production. In this work, the characteristics of derivatographic and infrared spectroscopic results of processing of brown Angren coals are given.

Key words: pyrolysis, coal, anthracite, content of ash, concentrate, fusionization, resin, carbon, temperature, pressure, clay materials.

Введение

Узбекистан располагает разведанными запасами угля в количестве 1900 млн т, в том числе: бурого – 1853 млн т, каменного – 47 млн т. Прогнозные ресурсы составляют свыше 5,7 млрд т угля. Большие запасы каменного угля сконцентрированы в южных регионах (Сурхандарьинская и Кашкадарьинская обл.). В настоящее время добыча угля ведется на трех месторождениях: Ангренском буроугольном месторождении, Шаргуньском и Байсунском месторождениях каменного угля¹.

Процесс метаморфизма сопровождается увеличением концентрации углерода и уменьшением содержания трех основных углеобразующих элементов – кислорода, азота и водорода. Главными факторами углефикации являются температура, давление и время².

Бурый уголь является плотной, землистой, деревянистой или волокнистой углистой массой с бурой чертой, со значительным содержанием летучих битуминозных веществ. В нем часто хорошо сохранена растительная древесная структура; излом раковистый, землистый или деревянный; цвет бурый или смоляно-черный; легко горит коптящим пламенем, выделяя неприятный своеобразный запах гари; при обработке едким калием дает темно-бурюю жидкость; при сухой перегонке образует аммиак, свободный или связанный с уксусной кислотой;

удельный вес 0,5-1,5; средний химический состав, за вычетом золы: 50-77% (в среднем 63%) углерода, 26-37% (в среднем 32%) кислорода, 3-5% водорода и 0-2% азота. Минеральные примеси – кварц, глинистые минералы, полевые шпаты, пирит, марказит, карбонаты и другие соединения – при сжигании превращаются в золу.

Ангренский уголь относится к категории смолистых бурых углей – плотный, темно-бурого, даже черного цвета, в изломе с блеском как у смолы^{3,4}.

Объект и методика исследований

Целью исследований было подробное изучение бурого ангренского угля на предмет обогащения и проявления сорбционных свойств при термическом пиролизном активировании, а также при определении морфологических структур пористости [1-4].

Характеристика ангренского бурого угля

Объектом исследований послужили образцы ангренского бурого угля, предоставленные в лабораторию кафедры «Металлургия» для исследования процессов его обогащения, представительная проба которых (угольная мелочь) получена с Ангренского месторождения и после измельчения до размера частиц 0,25 мм имела состав, приведенный в в табл. 1.

Минералогический анализ шлихов⁴ показал наличие в минеральной части угля кварца (SiO_2), кальцита

¹Угольная промышленность Узбекистана [электронный ресурс].

²Химический состав бурого угля [электронный ресурс].

³Усанбаев Н.Х. Ўзбекистон қўнғир қўмирларидан органик минерал ўғитлар ва мелиорантлар олиши технологиясини ишлаб чиқиши. / Автореф. дисс... на соиск. уч. степ. д.т.н. – 2018. – 70 с.

⁴Копченова Е.В. Минералогический анализ шлихов. – М.: Госгеолтехиздат, 1951. – 208 с.

Таблица 1

Характеристика ангреновского бурого угля

Кесте 1

Ангрэн қоңыр көмірінің сипаттамасы

Table 1

Characteristics of angren brown coal

Вещество	Элементный состав, % на органическое вещество				Функциональные группы		
	C	H	O + S	N	COOH + OH, мг-экв/г	COOH, мг-экв/г	OH, мг-экв/г
Бурый уголь	70,12	5,01	23,67	1,2	2,198	0,56	1,638

Таблица 2

Результаты масс-спектрометрического анализа золы бурого угля

Кесте 2

Қоңыр көмір күлін масс-спектрометриялық талдау нәтижелері

Table 2

Results of mass spectrometric analysis of brown coal ash

Наименование элемента	Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Cr
Содержание, г/т	127	2,61	267	9950	26011	63889	325	3547	164077	22,8
Наименование элемента	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	Ag	Ba	Au
Содержание, г/т	5474	46174	7,17	8,65	63,0	4438	1,46	1,05	127	0,175

($CaCO_3$), пироксена ((Na, Ca, Mg)(Mg, Fe, Al) Si_2O_6), опала ($SiO_2 \cdot nH_2O$), полевого шпата ($K[AlSi_3O_8] - Na[AlSi_3O_8] - Ca[Al_2Si_2O_8]$), магнетита ($FeO \cdot Fe_2O_3$), мусковита ($KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$).

Изучение блестящих мелких фрагментов угля под микроскопом показало, что подобная структура образуется при полной фюзенизации (процесс окислительного превращения остатков лигнинов; целлюлозных тканей растений, выражающийся в их обуглероживании и почернении, при одновременной сохранности деталей исходного анатомического строения). Подобной структурой обусловлена высокая пористость и влагоемкость бурого угля. Черный матовый фюзен в этом буром угле составляет не менее 85% объема. До 5-7% объема угля можно отнести к блестящим компонентам – кларену (ингредиент ископаемых углей, макроскопически видимая полублестящая составляющая угля) или витрену (одна из главных составных частей угля, имеющая сильный блеск, образуется при изменении лигнино-целлюлозных тканей растений в результате разложения при недостаточном доступе кислорода). Лишь 1-2% объема занимают гелифицированные чешуйчатые фрагменты кутикулы – прозрачно-коричневые выделения.

В табл. 2 приведены результаты масс-спектрометрического (ICP – MS) анализа золы угля, который содержит в своем составе целый ряд химических элементов: $Fe, Mg, Ba, B, Mn, Ti, Cu, Zn$ и Mo .

Одними из основных компонентов бурых углей являются гуминовые кислоты, формулу которых определить невозможно, их относят к очень сложным по строению органическим соединениям [5], соединенным между собой

бесчисленными связями ароматических бензольных колец. К ним нельзя применить традиционные способы описания количественного и качественного состава молекул, типы и число связей между ними. Этот процесс сопровождается увеличением концентрации углерода и уменьшением содержания трех основных углеобразующих элементов – кислорода, азота и водорода (табл. 2).

С помощью прибора SHIMADZU (лаборатория НГГИ, кафедра «Химическая технология») и спектрометра IRT gaser-100 марки ИК-Фурье был проведен анализ инфракрасных спектров (ИК) ангреновского бурого угля и были выявлены качественные характеристики функциональных групп появившихся соединений до и после пиролизной обработки. Для обнаружения различных типов отклонений и появления функциональных групп пользовались монографией К. Накамото⁵.

Дериватографический анализ угля выполнен на дериватографе Labsys™ Evo, разработанного с целью обеспечения удобства в использовании и получения достоверных, высоких рабочих показателей. Прибор адаптирован для применения в лабораториях, проводящих исследования и контроль качества; обладает многозадачным программным обеспечением, управляющим различными модулями. Процессы пиролиза образцов выполнены в муфельной печи марки DAIHAN Scientific User Manual (Version 2.2.1), снабженной сенсорными таймерами регистрации времени обжига и показателем набора температур, с максимальным обжиговым показателем 1200°C. Микрофотографии образцов выполнены на оптическом микроскопе Primo Star (Zeiss, Германия) в отраженном свете при увеличении $\times 100$.

⁵Накамото К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. – М.: Мир, 1991. – 536 с.

Полученные результаты

Одной из стадий процесса обогащения угля является пиролиз (декарбонизация), осуществляемый в печах под воздействием высоких температур без доступа воздуха. Получение обогащенного угля из материалов органического происхождения разделено на несколько этапов.

Процесс карбонизации представляет собой обжиг сырья в безвоздушных инертных условиях при высокой температуре. Результат этого процесса – карбонизат – уголь, имеющий очень незначительные адсорбционные качества по причине малой внутренней площади и мелких габаритов.

Термогравиметрическая линия ангренового угля (рис. 1) показывает пик начала появления эндотермических процессов при 75°C и продолжается до 252°C. Параллельно с этим дифференциальная термогравиметрическая линия резко углубляется на данных температурных параметрах, что показывает максимальное значение эндотермических реакций,

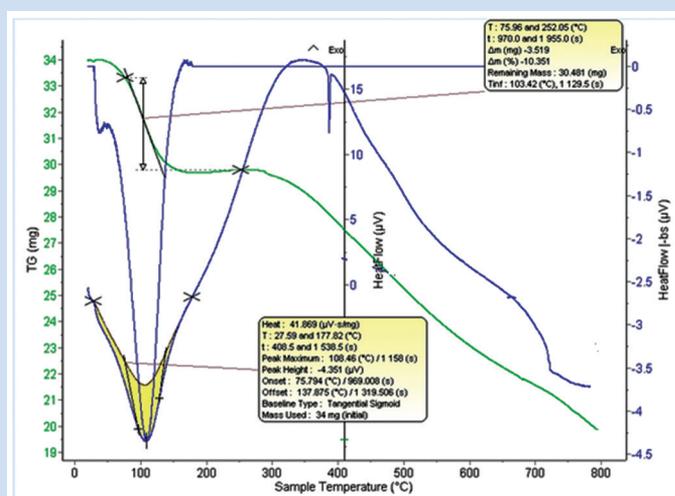


Рис. 1. Дериватограмма ангренового бурого угля.

Сурет 1. Ангрэн қоңыр көмірінің дериватограммасы.

Figure 1. Derivatogram of angrén brown coal.

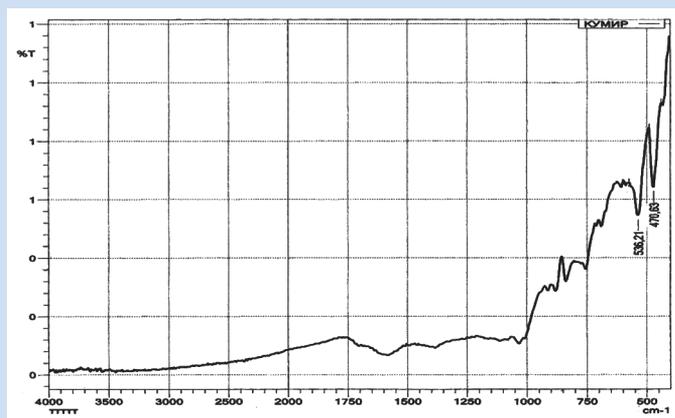


Рис. 2. ИК-спектры исходного угля до пиролизной обработки.

Сурет 2. Пиролизді өңдеуге дейінгі бастапқы көмірдің ИК-спектрлері.

Figure 2. IR-spectra of the initial coal before pyrolysis treatment.

Таблица 3

Содержание органических соединений в составе бурых углей

Кесте 3

Қоңыр көмірдің құрамындағы органикалық қосылыстардың құрамы

Table 3

The content of organic compounds in the composition of brown coal

Типы бурого угля	Групповой состав бурых углей, %		
	битуминоиды	гуминовые кислоты	остаточный уголь
Землистые	13-25	60-80	10-15
Плотные	< 10	< 10	> 80

где отмечается испарение в основном структурной воды и легких летучих органических фракций. Уменьшение массы угля при этом составляет около 10,3%. Начиная с температуры 252°C и до 300°C линия испарения не изменяется, т. е. происходит некая стабилизация процессов. После 300°C и вплоть до 800°C термогравиметрическая линия плавно понижается и уходит вниз. Этот процесс проявляется при активировании углей, где происходит в основном декарбонизация с выгоранием первичного углерода. Первичным считается углерод в составе карбонатов, который сгорает в первую очередь, далее происходит частичный обгар летучих ароматических соединений. Максимальная степень декарбонизации может достигать до 45%. Всего в угле по данным дериватограммы при высоких температурах теоретически должен выгорать весь углерод, но при пиролизе этого не происходит.

Анализ ИК-спектрографических линий исходного ангренового бурого угля показал основные пики расположения функциональных групп в области от 500 см⁻¹ до 1000 см⁻¹, где сосредоточены соединения бензольного углерода с сорбированными в его составе металлами. В ИК-спектре присутствуют характеристические полосы пропускания при 3400-3500 см⁻¹, обусловленные фенольными группами – OH групп, 2400 см⁻¹ – CH₂ групп. Наибольшее проявление полос поглощения отмечается при полосах поглощения 1550 см⁻¹, где могут находиться кетонные, галогенные группы ароматических соединений, а также аммонийные группы – NH⁺. В интервалах 1050 см⁻¹ отмечены полосы CO₃²⁻ и фенольных групп непредельных углеводородов. Остальные пики, варьирующие от 400 см⁻¹ до 800 см⁻¹, обозначают в основном спектры поглощения органических соединений с металлами. Отмечено также присутствие карбонильной группы ароматических, алифатических кислот, сложных эфиров и лактонов (– C = O 1626 см⁻¹). Интенсивность полосы пропускания карбонильной группы незначительная. Полоса пропускания в области 3430, 7 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям – OH группы.

Функциональные группы, характеризующие органические соединения, сосредоточены в пределах от 1000 см⁻¹

до 4000 см^{-1} . Углерод бензольного кольца обладает замечательной способностью сорбировать металлы.

Термическая обработка при 950°C приводит к выделению в газообразной форме водорода в виде воды, углерода в виде CO_2 , пиридиновой связи, азота в виде аммиака и элементарного азота, за счет чего образуются поры в сорбенте. Дитионат натрия (Na_2SO_4) при термической обработке превращается в оксид натрия, сульфидная группа также может сгорать и выделяться в виде SO_2 . Нитрилбутадиеновое резиноподобное соединение или каучук не выдерживает высокой температуры и сгорает с выделением разного рода карбонатов, структурированной воды, серного ангидрида, и образует каменноугольную смолу сложного химического состава.

Эксперименты, выполненные с пиролизной термической обработкой угля, проводили в муфельной печи при температуре 950°C , где выгорание первичного углерода и карбонатов составляло 23,6%, в результате чего ИК-спектроскопические характеристики угля приобрели вид, представленный на рис. 2. Пики функциональных групп сконденсировались в пределах от 500 см^{-1} до 1250 см^{-1} , которые представлены соединениями оставшихся в составе угля ароматических колец бензола с металлами. Так, при параметрах температур от 100°C до 200°C испаряется в основном структурная вода, при температурах от 400°C до 500°C – летучие соединения азота, углекислый и угарный газы, а впоследствии при параметрах температур от 800°C до 1000°C начинается выгорание ароматических соединений.

Нелетучие органические загрязнения разлагаются за 1-2 минуты при нагревании угля до $500\text{-}700^\circ\text{C}$. Этот процесс идет эффективнее и быстрее в нейтральной и слабовосстановительной среде и лимитируется темпом нагревания материала. Увеличение температуры сорбента до $700\text{-}1000^\circ\text{C}$ способствует перестройке структуры вторичного углерода, стабилизирует его свойства. Газификация вторичного углерода, начинаясь при $650\text{-}700^\circ\text{C}$, должна быть закончена за 3-5 минут при температуре не выше $1020\text{-}1070^\circ\text{C}$ во избежание избыточной графитизации угля. Этапы обработки угля, определяющие его основные свойства, приводят к образованию новой активной поверхности путем выборочного окисления вторичного углерода.

Анализ микрофотографий, выполненных на цифровом микроскопе, показал образование пор на поверхности угольной частицы, которые образовались в результате выгорания свободного углерода и некоторых летучих ароматических соединений [6, 7].

Стадия выгорания органических составляющих из угля называется зольностью. В процессе пиролиза из закрытой трубкой верхней части муфельной печи стали выделяться различные газы бурого цвета, при конденсировании превратившись в каменноугольную смолу, которая получается в основном при производстве металлургического кокса из каменного угля. Учитывая, что бурый уголь более богат органическими соединениями, в составе полученной при пиролизе каменноугольной смолы после перегонки могут быть различные химические соединения в виде бензола, креозота,

толуола, нафталина, углеводородных масел и других. Выход летучих веществ, в среднем, может составлять до 33,7% в пересчете на гуминовое органическое вещество. Точных молекулярных формул у гуминовых кислот нет. Расположение атомов, атомных групп в них определяется гипотетически. Отсутствие у гуминовых кислот формул объясняется их переменным составом и полидисперсностью даже в, казалось бы,

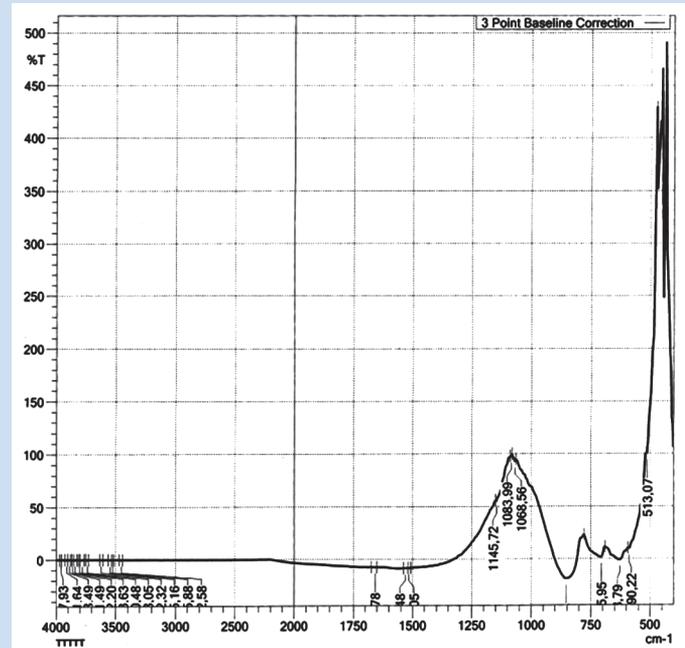


Рис. 3. ИК-спектры исходного угля после пиролизной обработки.

Сурет 3. Пиролиздік өңдеуден кейінгі бастапқы көмірдің ИК-спектрлері.

Figure 3. IR – spectra of the initial carbon after pyrolysis treatment.

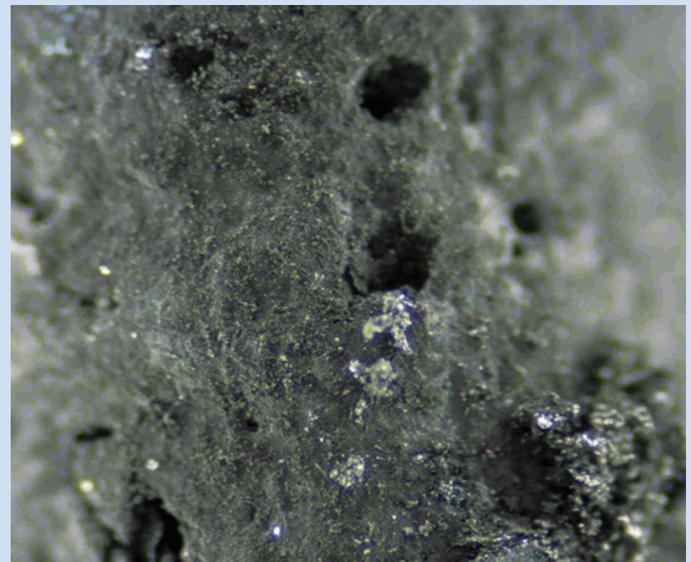


Рис. 4. Микрофотография угольной частицы в отраженном свете при увеличении в 100 раз.

Сурет 4. 100 есе ұлғайған кезде шағылысқан жарықта көмір бөлшегінің микрофотографиясы.

Figure 4. Micrograph of a coal particle in reflected light at a magnification of 100 times.

однородных органических соединениях. Поскольку обычные методы определения формул биоорганических молекул для гуминовых кислот оказались недейственными, была предложена классификация, основанная на растворимости гуминовых кислот в кислотах, щелочах. В зависимости от происхождения наблюдается изменение вариаций атомных соотношений основных элементов (C, O, H, N).

Заключение

Полученные результаты по дериватографическому и ИК-спектроскопическому анализу ангренового бурого угля показали перспективность этого направления исследований и практическую возможность использования бурого угля не только для обогащения и уменьшения его зольности, а также в качестве исходного материала для получения сорбентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тагаев И.А., Очиллова С.К., Бойхонова М.Ю., Норчаева З.О., Шоназаров М.И., Тагаева М.И. Теоретические и практические аспекты изучения ангренового бурого угля как возможного материала для получения сорбентов. // Молодой ученый. – 2018. – №23(209). – С. 13-17. (на русском языке)
2. Тагаев И.А., Андрийко Л.С., Вохидов Б.Р., Бойхонова М.Ю., Хужакулов Н.Б., Нарзуллаев Ж.Н. Подбор исходного местного сырья и изучение дериватографических показателей для получения сорбентов. // Universum: технические науки. – 2020. – №9(78). – Ч. 2. – С. 63-69. (на русском языке)
3. Тагаев И.А., Очиллова С.К., Джамалов А.К. Характеристика новых бентонит-угольных сорбентов. // Сборник статей XI международного научно-практического конкурса. – Пенза, 2017. – С. 33-36. (на русском языке)
4. Tagaev I.A., Tursunova S.U., Andriyko L.S. Изучение и подбор исходных материалов как возможных источников для получения сорбентов. // Химия, физика и технология поверхности. – 2018. – Т. 9. – №4. – С. 432-441. (на английском языке)
5. Перминова В.И. Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века. // Химия и жизнь. – 2008. – №1. – С. 50-55. (на русском языке)
6. Тагаев И.А., Саидахмедов А.А., Шодиев А.Н. Создание новых видов смешанных бентонит-угольных сорбентов на основе местного сырья. // Композиционные материалы. – Ташкент, 2018. – №3. – С. 86-88. (на узбекском языке)
7. Tagaev I.A., Muratova M.N., Andriyko L.S. Характеристика новых перспективных бентонитовых угольных сорбентов, модифицированных различными соединениями. // Материалы XIII Международной научно-технической конференции. – Николаев, 2019 (20-22 сентября). – С. 4-5. (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Тагаев И.А., Очиллова С.К., Бойхонова М.Ю., Норчаева З.О., Шоназаров М.И., Тагаева М.И. Сорбенттерді алу үшін ангреново қоңыр көмірін зерттеудің теориялық және практикалық аспектілері. // Жас ғалым. – 2018. – №23(209). – Б. 13-17. (орыс тілінде)
2. Тагаев И.А., Андрийко Л.С., Вохидов Б.Р., Бойхонова М.Ю., Хужакулов Н.Б., Нарзуллаев Ж.Н. Сорбенттерді алу үшін бастапқы ет шикізатын іріктеу және дериватографиялық көрсеткіштерді зерттеу. // Universum: техникалық ғылымдар. – 2020. – №9(78). – Бөлім 2. – Б. 63-69. (орыс тілінде)
3. Тагаев И.А., Очиллова С.К., Джамалов А.К. Жаңа бентонит-көмір сорбенттерінің сипаттамасы. // XI Халықаралық ғылыми-практикалық конкурстың мақалалар жинағы. – Пенза, 2017. – Б. 33-36. (орыс тілінде)
4. Tagaev I.A., Tursunova S.U., Andriyko L.S. Сорбенттерді алудың ықтимал көздері ретінде бастапқы материалдарды зерттеу және таңдау. // Химия, физика және беттік технология. – 2018. – Т. 9. – №4. – Б. 432-441. (ағылшын тілінде)
5. Перминова В.И. Гуминдік заттар-XXI ғасыр химиктері үшін сынақ. // Химия және өмір. – 2008. – №1. – С. 50-55. (орыс тілінде)
6. Тагаев И.А., Сайдахмедов А.А., Шодиев А.Н. Жергілікті шикізат негізінде дюрагай бентонит-көмір сорбенттерінің жаңа түрлерін жасау. – Ташкент, 2018. – №3. – Б. 86-88. (өзбек тілінде)
7. Tagaev I.A., Muratova M.N., Andriyko L.S. Жаңа бентонит көмірінің сипаттамалары әртүрлі қосылыстармен өзгертілген. // XIII Халықаралық ғылыми-техникалық конференция материалдары. – Николаев, 2019 (20-22 қыркүйек). – Б. 4-5. (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Tagaev I.A., Ochilova S.K., Boykhonova M.Yu., Norchaeva Z.O., Shonazarov M.I., Tagaeva M.I. *Theoretical and practical aspects of studying angren brown coal as a possible material for obtaining resins.* // *Young scientist*, 2018. – №23(209). – P. 13-17. (in Russian)
2. Tagaev I.A., Andriyko L.S., Vohidov B.R., Boykhonova M.Yu., Khuzhakulov N.B., Narzullaev Zh.N. *Selection of initial local raw materials and study of derivatographic parameters for obtaining sorbents.* // *Universum: technical science.* – 2020. – №.9(78). – P. 63-69. (in Russian)
3. Tagaev I.A., Ochilova S.K., Dzhamalov A.K. *Characteristics of new bentonite-coal sorbents.* // *Collection of articles of the XI international scientific and practical competition.* – Penza, 2017. – P. 33-36. (in Russian)
4. Tagaev I.A., Tursunova S.U., Andriyko L.S. *Investigation and selection of initial materials as possible sources for obtaining sorbents.* // *Chemistry, Physics and Technology of Surface.* – 2018. – Vol. 9. – №4. – P. 432-441. (in English)
5. Perminova V.I. *Humic substances - a challenge to chemists of the XXI century.* // *Chemistry and Life.* – 2008. – №1. – P. 50-55. (in Russian)
6. Tagaev I.A., Saidakhmedov A.A., Shodiev A.N. *A new type of hybrid is the creation of bentonite-coal sorbent products based on local raw materials.* // *Composition materials.* – Tashkent, 2018. – №3. – P. 86-88 p. (in Uzbek)
7. Tagaev I.A., Muratova M.N., Andriyko L.S. *Characteristics of new perspective bentonite coal sorbents modified by different compounds.* // *Materials of the XIII International Scientific and Technical Conference.* – Nikolaev, 2019 (September 20-22). – P. 4-5. (in English)

Сведения об авторах:

Донияров Н.А., д-р техн. наук, доцент, декан химико-металлургического факультета Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), ndoniyarov@mail.ru

Азимов О.А., канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Металлургия» Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), azimov_nggi@umail.uz

Намазов С.З., ассистент кафедры «Металлургия» Навоийского государственного горного института (г. Навои, Узбекистан), namozov.s@inbox.ru

Бойхонова М.Ю., докторант Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан (г. Навои, Узбекистан), ilhomtagayev@mai.ru

Авторлар туралы мәлімет:

Донияров Н.А., техника ғылымдарының докторы, доцент, Навои мемлекеттік тау-кен институтының химия-металлургия факультетінің деканы (Навои қ., Өзбекстан), ndoniyarov@mail.ru

Азимов О.А., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Навои мемлекеттік тау-кен институтының «Металлургия» кафедрасының меңгерушісі (Навои қ., Өзбекстан), azimov_nggi@umail.uz

Намазов С.З., Навои мемлекеттік тау-кен институтының «Металлургия» кафедрасының ассистенті (Навои қ., Өзбекстан), namozov.s@inbox.ru

Бойхонова М.Ю., Өзбекстан Республикасы Ғылым академиясының Навои бөлімінің докторанты (Навои қ., Өзбекстан), ilhomtagayev@mai.ru

Information about the authors:

Doniyarov N.A., Doctor of Technical Sciences, Docent, Dean at the Chemical and Metallurgical Faculty of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan), ndoniyarov@mail.ru

Azimov A.A., Candidate of Technical Sciences, Docent, Head at the Department of Metallurgy of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan), azimov_nggi@umail.uz

Namozov S.Z., Assistant of the Department at the Department of Metallurgy of the Navoi State Mining Institute (Navoi, Uzbekistan), namozov.s@inbox.ru

Boyxonova M.Yu., Doctoral Student at the Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (Navoi, Uzbekistan), ilhomtagayev@mai.ru

Статьи, опубликованные в 2020 году

РАЗВИТИЕ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№2

Битимбаев М.Ж., Кузьмин С.Л., Тюрбит А.Н., Акмалова О.А.
Разработка нового способа транспортирования горной массы в глубоких карьерах

№11

Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ.
Қазақстан Республикасының газ қорларын есептеудегі Қарағанды бассейнінің көмір тақталарының метаны: жағдайы және болашағы

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ

№1

Мовланов Ж.Ж., Седельников Л.В., Абдуллаев Л.А.
Критерии прогнозной оценки гор Северный Нуратау на золото

№2

Есенғараев Е.К., Баимбетов Б.С., Мамяченко С.В., Суримбаев Б.Н.
Изучение вещественного состава золотосодержащей руды месторождения Сари Гунай

№3

Мендығалиев А.А., Селезнева В.Ю., Язиков Е.Г., Бекботаева А.А.
Развитие и инновационные решения актуальных проблем геологоразведки гидрогенных урановых месторождений

№5

Метакса Г.П., Метакса А.С., Боленов Е.М., Алишева Ж.Н.
Анализ возможностей использования природных реакторов для добычи полезных ископаемых
Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Ходжаев Р.Р.
Конструирование и обоснование природоподобных технологий возобновления минеральных ресурсов

№6

Дьячков Б.А., Бисатова А.Е., Ойцева Т.А., Кузьмина О.Н.
Геологические критерии прогнозирования редкометалльных месторождений как основной источник восполнения минерально-сырьевой базы для предприятий Восточного Казахстана

№7

Битимбаев М.Ж., Даукей С.Ж.
Формирование минерально-сырьевой базы полезных ископаемых полным, комплексным и управляемым использованием массива недр Земли с валовой сплошной выемкой

№12

Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Ндриамбануна Суамирай Алис, Щесняк Л.Е.
Характеристики рудной минерально-сырьевой базы Мадагаскара

БУРЕНИЕ СКВАЖИН

№6

Мендебаев Т.Н., Исмаилов Х.К., Изаков Б.К., Смашов Н.Ж.
Энергосберегающая забойная компоновка бурения скважин с отбором высокоинформативного керна

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

№1

Гусманова А.Г., Бекбаева Р.А., Турнияз М.Б.
Подбор скважин для одновременно-раздельной эксплуатации

Нурайықова Г.Т., Тунгушбаева З.К., Амралинова Б.Б., Абдрашева З.Ж.

Кен технологияларының тізбегіндегі орындалатын операциялардың тиімділік динамикасы

№2

Семенов Е.В., Медведева О.А., Татарко Л.Г.
Оценка параметров и режимов работы с повышенной концентрацией гидросмеси для технологий подводной добычи россыпей

№4

Арыстан И.Д., Матаев А.К., Абдрашев Р.М., Талиев А.
Технология изучения угольных пластов
Абишева А.К., Мельдешов А.А., Муташева Г.С., Онгарбаева Ж.А.
Высокотемпературные химически стойкие материалы

№9

Х.А Юсупов, А.К. Өміргали, Х.Х. Абен
Применение механической активации промывочного раствора сорбента при скважинном выщелачивании урана

№11

Поезжаев И.П., Светлакова К.Р.
Геохимическое влияние законтурного растекания технологических растворов с возникновением высоких концентраций урана в нейтральных средах

№12

Гусманова А.Г., Бекбаева Р.А., Койшыева А.А., Койшыев А.А.
Көпқабатты мұнай кен орындарынан бір мезгілде бөлек пайдалану технологиясы арқылы мұнай өндіруді арттыру

ГЕОЛОГИЯ

№3

Юсуфи А., Бекботаева А.А.
Логарский ультрабазитовый комплекс: промышленные минералы и месторождения полезных ископаемых

№4

Aitkaliyeva A.T., Bekbotayeva A.A.
Features of the geological structure of the Karshyga copper ore deposit

№6

Mursalov S., Baba-Zadeh V., Imamverdiyev N., Veliyev A.
New promising mineralized zones and deposits of the northwestern flank of the Kedabek ore district

№11

Каскатаева К.Б., Кряжева Т.В., Садчиков А.В., Дьяконов В.В.
Геологическое строение рудных залежей Лисаковского месторождения

№12

Рыжков С.О., Портнов В.С.
Георадарное исследование хвостохранилища Жезказганской обогатительной фабрики №3 как метод мониторинга состояния гидротехнических сооружений

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

№2

*Агарков Н.Б., Волков Ю.И.***Технология проектирования систем осушения и гидрогеологические исследования****ГЕОДЕЗИЯ**

№2

*Рахымбердина М.Е., Тогузова М.М., Тунгушбаева З.К., Касымов Д.К.***Пайдалы қазбалардың кен орындарын картографиялауда Жерді қашықтықтан зондтау мәліметтерін пайдалануға талдау***Нурпеисова М.Б., Мынғасаров Б.***Геодезические работы при строительстве северо-каспийского морского канала с причальными сооружениями**

№3

*Игемберлина М.Б., Низаметдинов Р.Ф., Естаева А.Р., Сатбергенова А.К.***Применение современных технологий при проведении геодезического мониторинга сдвижений земной поверхности**

№4

*Б.Б. Садықов, А.А. Алтаева***SAR интерферометрия әдісімен WISMUT (Германия) уран кен орнының жер бетінің жылжуын бақылау**

№5

*Сулейменова Д.Н., Игемберлина М.Б., Сатбергенова А.К., Пентаев Т.П.***Современные геодезические средства и методы наблюдений за изменением пространственных параметров зданий***Капасова А.З., Бахыт Е., Аманбаева А.Б.***Радар жүйесі арқылы ашық карьерде үздіксіз мониторинг жүргізу тәсілі**

№6

*Нурпеисова М.Б., Ормамбекова А.Е., Ормамбеков Е.Ж.***Наблюдения за деформациями высотных зданий и сооружений***Рахымбердина М.Е., Утеев Р.Е., Касымов Д.К., Капасов А.К.***Анализ исполнительной геодезической документации в Республике Казахстан**

№8

*Гоипов А.Б., Ахмадов Ш.И., Мовланов Ж.Ж.***Изучение минерализованных зон гор Букантау по космическим снимкам в коротковолновом инфракрасном диапазоне***Аймбетова Г.А., Цычуева Н.Ю.***Прогнозирование оползневых процессов по оптическим снимкам Сентинел-2 и индексу NDVI**

№10

*Аймбетова Г.А., Цычуева Н.Ю.***Результаты исследований причинно-следственных связей между склоновыми геодинамическими процессами Тянь-Шаня***Сериков Б.Т., Ауелхан Е.С., Онласынов Ж.А.***Применение данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга выявленных зон с потенциально опасным развитием оползневых процессов****МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО**

№4

*Тұяқбай Ә.С., Батыршаева Ж.М., Оралбай А.О., Оразғалиева А.А.***Ақжал кенорнының каркастық моделуін құруда Micromine бағдарламасын қолдану****РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД**

№8

*Имашев А.Ж., Судариков А.Е., Мусин А.А., Матаев А.К.***Повышение эффективности буровзрывных работ с учетом структурных и прочностных свойств массива****ВЗРЫВНОЕ ДЕЛО**

№11

*Нурлыбаев Р.О.***Состояние, развитие и проблемы буровзрывных работ на горнодобывающих предприятиях и пути их решения**

№12

*Ю.Д. Норов, И.Т. Мислибаев, А.Ю. Норов***Исследования высоты и ширины развала пород взрывами скважинных зарядов на неубранную горную массу в различных породах методом физического моделирования****ГЕОМЕХАНИКА**

№1

*Рахымбердина М.Е., Токтарбаева М.К., Тогузова М.М., Касымов Д.К.***Исследование и прогнозирование деформаций объектов секисовского золоторудного месторождения по результатам маркшейдерско-геодезического контроля**

№2

*Ананин А.И., Нуршайыкова Г.Т., Абдрашева З.Ж., Камзина М.Е.***Малеев кенорны тау жыныстарының тау сокқыларына бейімділігін бағалау**

№3

*Лис С.Н.***Результаты исследований опорного давления над целиками и краевыми частями угольных пластов**

№4

*Нурлыбаев Р.О.***Изучение закономерных особенностей оседаний подработанной толщи пород, характерных условиям разработки Жезказганского месторождения**

№7

*Игемберлина М.Б., Байдаулетова Г.К., Сеитұлы К.***Карьер мен үйінді беткейінің тұрақтылығын анықтауда қолданылатын беріктік критерийін сараптау***Имашев А.Ж., Суимбаева А.М., Мусин А.А., Асан С.Ю.***Оценка влияния внутреннего отвала на напряженно-деформированное состояние подкарьерного массива**

№8

*Сдвижкова Е.А., Кравченко К.В., Имансакипова Б.Б., Шакиева Г.С.***Повышение эффективности комбинированного метода ранжирования участков трассы метро по степени проблемности**

№9

Дрижд Н.А., Қамаров Р.Қ., Жайсанбаев Н.А., Замалиев Н.М.
Жойылған көмір шақтыларының газ жинағыштарының көлемі мен орналасуын анықтау

№11

Рахимов Н.Д., Абдыкаримова Г.Б.
Лабораторные исследования физико-механических свойств горных пород Куржункульского месторождения

Народхан Д., Исабек Т.К., Хуанган Н., Тажибаев Д.К.
Влияние внешних породных отвалов на устойчивость бортов угольных разрезов

Амралинова Б.Б., Акылбаева А.Т., Рагданова А.А., Берікболұлы А.

Кенорнын өңдеу кезінде тау-кен құрылымдарының тұрақты жай-күйін қамтамасыз ету

КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

№1

В.Ф. Демин, М.Б. Баизбаев, С. Нурғалиев
Повышение устойчивости повторно используемых подготовительных выработок

№3

Демин В.Ф., Исабек Т.К., Жумабекова А.Е., Кайназарова А.С.
Обоснование параметров двухуровневой анкерной и обрезной крепей для поддержания выработок позади лавы

№10

Демин В.Ф., Алиев С.Б., Кайназаров А.С., Кайназарова А.С.
Исследования по выбору эффективных средств и способов крепления горных выработок

ПЕРЕРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

№5

Дрижд Н.А., Даулетжанов А.Ж., Замалиев Н.М., Даулетжанова Ж.Т.

Новое полимерное антипирогенное покрытие для угля и спецкокса из вторичных продуктов

№6

Воробьев А.Е., Метакса Г.П., Чекушина Т.В., Шамишев О.Ш.
Особенности влияния наночастиц золота на показатели технологии его извлечения из руд

№8

Akimbekov N.Sh., Tastambek K.T., Sherelkhan D.K., Berdikulov B.T.

The creation of a composite based on Kazakhstan brown coal and microbial community

№10

Акимбеков Н.Ш., Тастамбек К.Т., Шерелхан Д.К., Алтынбай Н.П.

Изучение биотехнологической трансформации структуры бурого угля с помощью микроорганизмов
Vukayev Ye.Z., Kenzhetaev G.Zh., Mutalibova G.K.
Study of the chemical and mineralogical composition of a sample limestone-shell of the field Zhetybai in Mangystau region

№12

Телков Ш.А., Садвакасов Д.А.

Исследование влияния гранулометрического состава, рН растворов и примесей на процесс кристаллизации

и осадения желтого кека из урансодержащих растворов

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

№4

Телков Ш.А., Корабаев Б.С., Амирхан А.А.
Исследование гравитационной обогатимости монобаритовой руды месторождения Улькенсай

№12

Донияров Н.А., Азимов О.А., Намазов С.З., Бойхонова М.Ю.
Изменение основных свойств ангренского бурого угля при пиролизной обработке

МЕТАЛЛУРГИЯ

№1

Dostmukhamedov N., Zholdasbay E., Kurmanseytov M., Argyn A.
Phase equilibrium systems copper-lead matte – slag saturated with silica

№7

Сайлау А.С., Хамит Ә.Х.

Обжиг сульфидного сырья с добавлением карбоната натрия в условиях вибропульсирующего слоя
Абишева А.К., Мельдешов А.А., Бегимбетова А.С.

Огнеупоры из руд Кемпирсайского месторождения

№8

Абишева А.К., Акишев А.Х., Фоменко С.М., Толендиұлы С.
Химические процессы и влияние высокодисперсных термообразований сульфатмагниевого связующих на спекание огнеупорных масс

№9

Абишева А.К., Акишев А.Х.

Низкотемпературные процессы в материалах с хлорсодержащими связующими и их влияние на спекание огнеупорных изделий

№10

Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Барменшинова М.Б., Нурманова А.Н.

Қорғасын-мырыш кенін селективті флотациялаудың қорғасын циклін өңдеу

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

№4

Карманов Т.Д., Калиев Б.З., Қуандықов Т.А.

Способ снижения затрат на ремонтно-восстановительные работы технологических скважин

№5

Шуриев Т.Х., Подболотов С.В., Кольга А.Д., Столповских И.Н.
Совершенствование конструкции осевых вентиляторов главного и местного проветривания
Махмудов Д.Р., Каримов Ш.В.

Современные проблемы транспортирования горной массы со дна глубокого карьера и пути их решения

№6

Ратов Б.Т., Козбакарова С.М., Махитова З.Ш.

Затраты мощности на разрушение забоя скважины пикообразными лопастными долотами

№9

Саидова Л.Ш.

Исследование влияния параметров глубоких карьеров на выбор технологических схем при транспортировании горной массы автосамосвалами

№10

Уринов Ш.Р., Саидова Л.Ш.

Обоснование влияния объемов извлекаемой из карьера горной массы на выбор горнотранспортного оборудования

ПОДЗЕМНОЕ И ШАХТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

№5-6

Имансакипова Б.Б., Московчук П.А., Шакиева Г.С., Кидирбаев Б.

Ранжирование участков трассы метро по степени проблемности на основе комбинированного метода оценки факторов риска и их уровней

ГЕОЭКОЛОГИЯ

№3

Радуснова О.В., Аскарлова М.А., Митрофанова А.Н.

Влияние техногенных факторов на процессы деградации земель в Атырауской области

№7

Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Замалиев Н.М.

Выделение серосодержащих газов при отработке угольных пластов и способы борьбы с ними

Байджанов Д.О., Бек А.А.

«Зеленая» экономика в строительных материалах

№9

Рысбеков К.Б., Усен К., Муканова Г.А., Жакыпбек Ы.

Результаты исследования степной растительности и фитомелиорация отвалов

Букаев Е.З., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К.

Исследование применения солнечной энергии в производстве изготовления строительных изделий из отходов известняка-ракушечника

Жубанова А.А., Тастамбек К.Т., Шерелхан Д.К., Зиябекова М.У.

Конструирование микс-консорциума на основе зоомикробного сообщества и бурых углей

ГЕОИНФОРМАТИКА

№1

Волков Ю.И., Маликов А.М.

Цифровые технологии при разработке систем осушения горных объектов

Свирицевский А.

Цифровой двойник оборудования. Измельчение

№3

Тунгушбаева З.К., Тогузова М.М., Рахымбердина М.Е., Капасов А.К.

Использование геоинформационных технологий для картографического обеспечения объектов геотуризма

№9

Галиев С.Ж., Галиев Д.А., Утешов Е.Т., Текенова А.Т.

Концепция технологической платформы позиционирования и связи в условиях открыто-подземного освоения месторождений полезных ископаемых

№10

Сьедина С.А., Бердинова Н.О., Алтаева А.А., Абдыкаримова Г.Б.

Создание геомеханической модели месторождения при обосновании устойчивости бортов и уступов глубоких карьеров

ЭКОНОМИКА ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

№3

Шохор М.М.

Повышение конкурентоспособности экономики Казахстана и уровня жизни народа

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№3

Камыспаева Ж.К.

Проведение учебной противоаварийной тренировки в Представительстве «Оркен-Кентобе» ТОО «Оркен»

№8

Дрижд Н.А., Замалиев Н.М., Даулетжанов А.Ж., Даулетжанова Ж.Т.

Профилактика самовозгорания в горных выработках при подземной угледобыче

ОХРАНА ТРУДА И БЕЗОПАСНОСТЬ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

№5

Samet R.S., Akimbekov N.Sh., Zhubanova A.A.

The use of microorganisms as a biological method for control of methane concentration in coal deposits

КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

№9

Калашников В.А., Головки Л.Г., Дырда В.И., Агальцов Г.Н., Калганков Е.В.

Новые достижения в области дезинтеграции железных руд в барабанных мельницах с резиновой футеровкой

№11

А.В. Трушин, И.А. Лагойда, К.С. Ширяева

Поточный рентгенофлуоресцентный анализ железорудного концентрата

на конвейерной ленте

ЭНЕРГЕТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

№2

Бекбаев А.Б., Еркинов Г.Е., Касымбекова А.М.

Изучение возможности использования возобновляемых источников энергии для энергоснабжения отдаленных комплексов горной промышленности

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

№10

Лисенков А.А.

Профессор Самен Викторович Цой и его научная школа

ПАМЯТИ

№7

Проскурин В.

Труды инженера Николая Проскурина

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И УСЛОВИЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ СТАТЕЙ
в редакцию периодического печатного издания «Горный журнал Казахстана»
(действуют с 1 сентября 2019 года)

1. «Горный журнал Казахстана» принимает к публикации оригинальные статьи научного и научно-технического содержания, отражающие результаты исследовательской и научной деятельности, имеющие рекомендации к практическому применению решаемых вопросов по следующим направлениям (полный перечень рубрик указан на сайте minmag.kz):

- ✓ *Геотехнология (подземная, открытая и строительная)*
- ✓ *Геомеханика, маркшейдерское дело и геодезия*
- ✓ *Разрушение горных пород*
- ✓ *Горные машины и оборудование*
- ✓ *Обогащение полезных ископаемых*
- ✓ *Геоэкология горно-перерабатывающей промышленности*
- ✓ *Охрана труда и промышленная безопасность*
- ✓ *Теоретические основы проектирования горно-технических систем*
- ✓ *Металлургия*
- ✓ *Горно-промышленная геология и геофизика*
- ✓ *Экономика горно-металлургической отрасли*

По указанным направлениям также принимаются статьи обзорного характера, отвечающие критериям первой научной публикации.

Дополнительные рубрики:

- ✓ *Подготовка кадров (применительно к теме журнала)*
- ✓ *История горного дела, металлургии и геологии*
- ✓ *Юбилеи*
- ✓ *Реклама*

2. Основные требования к статьям, представленным для публикации в журнале:

- набор статьи производится шрифтом Times New Roman 12 с полуторным интервалом;
- общий объем статьи, включая рисунки, таблицы, метаданные не должен превышать 8 печатных страниц;
- статьи (за исключением обзоров), должны содержать новые научные результаты;
- статья должна соответствовать тематике (см. п. 1), научному уровню журнала;
- статья должна быть оформлена в полном соответствии с требованиями, отраженными в п. 3;
- статья может быть представлена на казахском, русском или английском языке;
- в редакцию представляется окончательный, тщательно выверенный вариант статьи, исключающий необходимость постоянных доработок текста на этапах издательского процесса;
- перед отправкой статьи в редакцию журнала авторам необходимо проверить текст на предмет отсутствия плагиата с помощью специальной программы (например, www.text.ru);
- необходимо указать одно из научных направлений, которому в наибольшей степени соответствует тематика статьи.

3. Структура статьи должна содержать следующие разделы:

- код МРНТИ (ГРНТИ <http://grnti.ru/?pl=52>) – шестизначный;
- название статьи (сокращения не допускаются, не допускается использование аббревиатур и формул; максимальное количество слов 10-12) должно быть информативным, соответствовать научному стилю текста, содержать основные ключевые слова, характеризующие тему (предмет) исследования и содержание работы, предоставляется на казахском и русском языках;
 - инициалы и фамилии авторов; статья должна иметь не более 4 авторов;
 - сведения о каждом авторе (ученая степень, ученое звание, должность, место основной работы, контактные данные (адрес электронной почты), город, страна) предоставляются на казахском и русском языках;
 - полное название организации (-ий), где работают авторы (с указанием ведомственной принадлежности);
 - аннотация в соответствии с требованиями международных баз данных должна достаточно полно раскрывать содержание статьи, включая характеристику основной темы, проблемы объекта, цели исследования, основные методы, результаты исследования и главные выводы. В аннотации необходимо указать, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению материалами. Аннотация (реферат) предоставляется на казахском и русском языках объемом не менее 700 и не более 900 символов (примерно 150...200 слов);
 - ключевые слова в количестве 6...10 устойчивых словосочетаний, по которым в дальнейшем будет выполняться поиск статьи (сокращения и аббревиатуры не допускаются): ключевые слова отражают специфику темы, объект и результаты исследования и предоставляются на казахском и русском языках;
 - текст статьи, содержащий следующие разделы (введение, методы/исследования, результаты, обсуждение результатов, заключение);
 - список использованных источников (10...12), в том числе не менее 3 зарубежных не ранее 2010 года, предоставляется на казахском и русском языках.

Основной раздел статьи на казахском или русском языках должен быть четко структурирован.

- ✓ Введение (*Introduction*) должно отражать актуальность темы исследования, обзор литературы по теме, постановку проблемы, формулировку целей и задач исследования.

✓ Методы/исследования (*Materials and Methods*) – описание методов исследования, схем экспериментов (наблюдений) с тем, чтобы позволить другим ученым и практикам воспроизвести результаты, пользуясь лишь текстами статьи; описание материалов, приборов, оборудования, выборка и условия проведения экспериментов (наблюдений).

✓ Результаты (*Results*). Этот раздел должен отражать фактические результаты исследования (текст, таблицы, графики, диаграммы, уравнения, фотографии, рисунки).

✓ Обсуждение результатов (*Discussion*) – типовая структура этого раздела имеет такой вид:

- чем могут быть объяснены полученные результаты;
- благодаря каким именно особенностям предложенных решений обеспечиваются преимущества;
- что можно считать преимуществами данного исследования по сравнению с аналогами;
- в чем состоят недостатки исследования;
- в каком направлении исследование целесообразно развивать, с какими трудностями при этом можно столкнуться.

✓ Заключение (*Conclusion*) – краткие итоги разделов статьи без повторения формулировок, приведенных в ней.

✓ Благодарности (*Acknowledgments*) – выражение признательности коллегам за помощь.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ и ЗАГОЛОВКИ ТАБЛИЦ оформляются отдельным блоком на казахском, русском и английском языках.

РИСУНКИ должны иметь расширение графических редакторов CorelDraw, Photoshop, Illustrator и т. п.). Фотографии должны быть предельно четкими в графическом формате (TIFF, JPEG, CDR) с разрешением не менее 300 dpi. Все буквенные и цифровые обозначения на рисунках необходимо пояснить в основном или подрисовочном текстах. Надписи и другие обозначения на графиках и рисунках должны быть четкими и легко читаемыми. Подписи к рисункам и заголовки таблиц **ОБЯЗАТЕЛЬНЫ**.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ следует набирать в формульном редакторе MathTypes Equation или MS Equation, греческие и русские буквы в формулах набирать прямым шрифтом (опция текст), латинские – курсивом. **Обозначения величин и простые формулы в тексте и таблицах набирать как элементы текста** (а не как объекты формульного редактора). Нумеровать следует только те формулы, на которые есть ссылки в последующем изложении. Нумерация формул сквозная.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ составляется в порядке цитирования и оформляется в строгом соответствии с ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на литературу в тексте отмечаются по мере их появления порядковыми номерами в квадратных скобках. В список литературы не включаются любые материалы, не имеющие конкретного автора, в том числе: законы, стандарты (включая ГОСТ), статьи из словарей и энциклопедий, страницы сайтов, для материалов которых не указан конкретный автор и интервал страниц. Если у Вас возникает необходимость сослаться на подобные материалы, то ссылки на них оформляются как сноски в тексте статьи. Список приводится на русском (казахском) языке, а также в переводном и транслитерированном варианте (транслитерация выполняется по стандарту BSI: <https://translit.net/ru/bsi/>). Оба варианта списка литературы должны быть идентичны по содержанию. Сначала подготавливается русскоязычный (казахскоязычный) список литературы, включающий все источники (даже на иностранных языках), затем он переводится на английский язык и транслитерируется.

К статье прилагаются сведения на английском языке:

✓ заглавие (Title) – без сокращений и транслитерации, кроме случаев, когда встречаются непередаваемые названия имен собственных, например, название предприятий, приборов и др.;

✓ фамилия и инициалы (автора (-ов) (Byline) – транслитерация по системе BSI (<http://www.translit.ru>). Для англоязычных метаданных важно соблюдать вариант написания сведений об авторе в последовательности: полное имя, инициал отчества, фамилия;

✓ сведения об авторе (-ах), без сокращений;

✓ полное название организации (аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД Scopus), ее адрес, город, страна с указанием индекса;

✓ реферат (аннотация) – Abstract. В реферат не допускается включать ссылки на источники из полного текста, а также аббревиатуры, которые раскрываются только в полном тексте. Реферат должен быть:

- информативным (не содержать общих слов);
- оригинальным (не быть калькой казахско-русскоязычной аннотации с дословным переводом);
- содержательным (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
- структурированным (следовать логике описания результатов в статье, кратко отображая основные мысли, содержащиеся в ее структурных частях – от проблемы, цели и методов до результатов исследований, предложений и главных выводов);
- быть написанным качественным английским языком;
- объемом не менее 700 знаков.

✓ ключевые слова (Keywords) в количестве не менее 10, сокращения не допускаются, также не допускается использование слов в кавычках.

4. Условия приобретения журналов авторами.

С автором(ами) заключается договор о приобретении не менее 5 (пяти) экземпляров журнала с 50% скидкой, которые он(они) имеют право распространять среди горной общественности. Для авторов, проживающих в других городах (кроме г. Алматы) и не имеющих представителей в г. Алматы, в счет включаются почтовые услуги. После оплаты статья публикуется в очередном номере журнала, а автору(авторам) предоставляются экземпляры журнала, согласно счету.



/ STARMET / TWINMET / PROMET / RIPMET

**Высокая производительность, эффективность и надежность
Мы предлагаем решения для любых ковшей!**



ГОРНОЕ ДЕЛО / СТРОИТЕЛЬСТВО / ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ
mtgcorp.com

РБ ПРОФЕССИОНАЛ

